

AD-A051 131

AIR FORCE INST OF TECH WRIGHT-PATTERSON AFB OHIO

F/G 21/4

LOS FACTORES DETERMINANTES DE LA DEMANDA DEL COMBUSTIBLE PESADO--ETC(U)

DEC 77 R M COLE

UNCLASSIFIED

AFIT-CI-78-19

NL

1 OF 2
ADA
051131



AD A051131

78-19

(1)

LOS FACTORES DETERMINANTES DE LA DEMANDA
DEL COMBUSTIBLE PESADO EN EL MERCADO DE LA COSTA ORIENTAL
DE LOS ESTADOS UNIDOS, 1960 - 1976

por

Ray Martin Cole, Jr.



Tesis presentada a la Universidad
Simón Bolívar para optar al título
de Magister en Economía de Hidrocarburos.

Caracas, Diciembre de 1977

DISTRIBUTION STATEMENT A

Approved for public release;
Distribution Unlimited

AD NO. FILE COPY

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE (When Data Entered)

REPORT DOCUMENTATION PAGE		READ INSTRUCTIONS BEFORE COMPLETING FORM
1. REPORT NUMBER 14 AFIT -CI-78-19	2. GOVT ACCESSION NO.	3. RECIPIENT'S CATALOG NUMBER
4. TITLE (and Subtitle) Spanish: Los Factores Determinantes de la Demanda del Combustible Pesado en el Mercado de la Costa Oriental de los Estados Unidos, 1960-76 English: (The Determinants of the Demand for Residual Fuel Oil in the US East Coast Market, 1960-76), Captain Ray M. Cole, Jr	5. TYPE OF REPORT & PERIOD COVERED	
7. AUTHOR(s)	6. PERFORMING ORG. REPORT NUMBER	
9. PERFORMING ORGANIZATION NAME AND ADDRESS AFIT Student at Universidad Simon Bolivar, Caracas, Venezuela	8. CONTRACT OR GRANT NUMBER(s)	
11. CONTROLLING OFFICE NAME AND ADDRESS AFIT/CI WPAFB OH 45433	10. PROGRAM ELEMENT, PROJECT, TASK AREA & WORK UNIT NUMBERS	
14. MONITORING AGENCY NAME & ADDRESS (if different from Controlling Office)	12. REPORT DATE 12 December 1977	
	13. NUMBER OF PAGES 129 Pages	
	15. SECURITY CLASS. (of this report) Unclassified	
15a. DECLASSIFICATION DOWNGRADING SCHEDULE		
16. DISTRIBUTION STATEMENT (of this Report) Approved for Public Release; Distribution Unlimited		
17. DISTRIBUTION STATEMENT (of the abstract entered in Block 20, if different from Report)		
18. SUPPLEMENTARY NOTES FOR JAMES E. GUESS, Captain, USAF Director of Information, AFIT MSGT, USAF DEPUTY DIRECTOR OF INFORMATION APPROVED FOR PUBLIC RELEASE APR 199-17.		
19. KEY WORDS (Continue on reverse side if necessary and identify by block number)		
20. ABSTRACT (Continue on reverse side if necessary and identify by block number)		

DD FORM 1 JAN 73 1473

EDITION OF 1 NOV 65 IS OBSOLETE

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE (When Data Entered)

THESIS ABSTRACT

Author: Ray Martin Cole, Jr.

Title: (Spanish) Los Factores Determinantes de la Demanda del Combustible Pesado en el Mercado de la Costa Oriental de los Estados Unidos, 1960-1976.

(English) The Determinants of the Demand for Residual Fuel Oil in the U.S. East Coast Market, 1960-1976.

Military Rank and Service Branch: Captain, USAF

Year: 1977

No. Pages: 129

Degree Awarded: Magister en Economía de Hidrocarburos

Institution: Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela

This thesis is a study of the demand for a primary export product of Venezuela which is, as well, an important imported fuel with respect to the East Coast of the U.S. The objectives are: (a) to determine the most likely factors which bear upon the demand for fuel oil on the East Coast; b) to pose and estimate an econometric model for the demand; and (c) to attempt short-range forecasts with the model.

A prior economic study reveals the most likely variables which are then incorporated in two possible models which are thought to reflect the reality of the demand. The best specified models reveal that the essential factors of the demand are: (a) the lagged demand; (b) the price spread between fuel oil and coal; and (c) income per capita.

Subsequent forecasts of the demand, given the same historical conditions which are the basis for the model, signal a reduction through 1980.

This conclusion is important to Venezuela because of her position as a marginal supplier and certain inflexibility in her hydrocarbon export package.

The thesis is written in the Spanish language.

General Sources: a) Memoria y Cuenta del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, 1960-1976, Caracas; b) Publications of the U.S. Department of the Interior and the Edison Electric Institute.

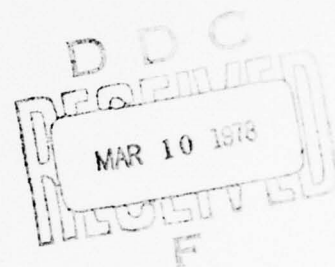
Technical Sources: a) Draper & Smith, Applied Regression Analysis (J. Wiley & Sons: New York, 1966); b) J. Johnston, Métodos de Econometría (VICENS-VIVES: Barcelona, 1975).

Statistical Sources: a) Mineral Industry Surveys of the U.S. Bureau of Mines; b) Statistical Abstracts of the United States; c) Statistical Yearbooks of the Edison Electric Institute.

LOS FACTORES DETERMINANTES DE LA DEMANDA
DEL COMBUSTIBLE PESADO EN EL MERCADO DE LA COSTA ORIENTAL
DE LOS ESTADOS UNIDOS, 1960 - 1976

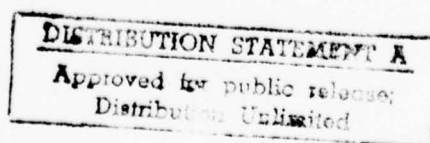
por

Ray Martin Cole, Jr.



Tesis presentada a la Universidad
Simón Bolívar para optar al título
de Magister en Economía de Hidrocarburos.

Caracas, Diciembre de 1977



Certifico que he leído esta tesis y la
he encontrado aceptable en cuanto a con
tenido y lenguaje

Profesor Asesor

Fecha

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DISTRIBUTION/AVAILABILITY CODES										SPECIAL	
A											

Aprobada en nombre de la Universidad
por el siguiente Jurado Examinador :

Presidente

Fecha

INDICE GENERAL

iv

Página

	LISTA DE TABLAS Y CUADROS	viii
	RESUMEN	xii
I	INTRODUCCION	1
II	ENCUADRE CONCEPTUAL E HISTORICO DEL PROBLEMA	4
2.1	El combustible pesado	4
	2.1.1. Definiciones	4
	2.1.2. Las Clases del combustible pesado	5
2.2	Discusión general de la Economía de los - combustibles.	7
	2.2.1 Adaptabilidad al Proceso	8
	2.2.2. Oferta	8
	2.2.3 Costos	9
	2.2.3.1 Costos por unidad calorí- fica o por rendimiento.	9
	2.2.3.2 Costo de equipo	10
	2.2.3.3 Costo de mantenimiento	10
	2.2.3.4 Costos por mano de obra y comodidad en el uso.	10
	2.2.3.5 Costos de manipulación	10
	2.2.3.6 Costos de energía auxiliar	11
	2.2.4 Aspectos contaminantes	11
	2.2.5 Conclusión	12
2.3	El mercado de la Costa Oriental de Esta- dos Unidos.	13
	2.3.1 Generalidades	13
	2.3.2 El Cuadro energético	17
2.4	Resumen histórico del producto y mercado 1960-76	20

2.4.1	La época del combustible pesado	20
2.4.2	El programa de las cuotas	21
2.4.3	El inicio de la defensa del medio ambiente	23
2.4.4	El cuadro reciente	25
2.5	La oferta del combustible pesado en la Costa Oriental de los Estados Unidos	28
2.5.1	Oferta doméstica-estados contiguos	29
2.5.2	Oferta extraterritorial	30
2.5.3	Oferta doméstica-fuera de los estados contiguos	30
2.5.4	Detalles Adicionales	31
2.6	El nexo entre Venezuela y la Costa Este	33
2.6.1	El aspecto venezolano	33
2.6.2	El aspecto de la Costa Oriental	37
III	DESARROLLO DEL PROBLEMA	41
3.1	Macrocaracterísticas del mercado	41
3.1.1	Usos misceláneos del combustible pesado	43
3.1.2	Uso industrial del combustible pesado	43
3.1.3	Uso del combustible pesado para la calefacción	45
3.1.4	Uso del combustible pesado en las plantas termoeléctricas	50
3.2	Factores no cuantificables	57
3.2.1	El programa de las cuotas	57
3.2.2	La defensa del medio ambiente	58
3.2.3	La energía nuclear	59

		vi
IV	ANALISIS ECONOMETRICO	61
4.1	Series cronológicas	61
4.1.1	Las ventas del combustible pesado.	62
4.1.2	El precio del combustible pesado.	63
4.1.3	El precio del carbón	64
4.1.4	El ingreso personal per cápita	64
4.1.5	El empleo en la industria manufacturera	65
4.1.6	La variable "Ventas del combustible pesado" con retardo de un año.	65
4.1.7	El cociente del precio del combustible pesado y el precio del carbón.	65
4.1.8	La diferencia entre el precio del combustible pesado y el precio del carbón.	65
4.1.9	El precio del gas natural	66
4.2	Procedimiento	66
4.2.1	Las matrices de correlación	66
4.2.2	Método de estimación de los modelos.	68
4.2.3	El modelo general	69
4.2.4	El modelo del "Ajuste Parcial"	70
4.2.5	Plan de trabajo	72
4.3	Resultados obtenidos, Paso por Paso	72
4.3.1	Primer paso: Modelos para las subdivisiones.	72
4.3.1.1	Región Noreste	73

4.3.1.2	División del Atlántico Sur	76
4.3.2	Segundo paso: Modelo para la Costa Oriental	78
4.3.3	Tercer paso: Reformulación del Modelo	78
4.3.4	Cuarto paso: Estimación del modelo reformulado	81
4.3.5	Resumen de los resultados obtenidos	84
V.	ANÁLISIS DE LOS MODELOS, PROYECCIONES Y PERSPECTIVAS	87
5.1	Análisis de los modelos	87
5.2	Estudio de Casos: Proyecciones	88
5.2.1	Escenario de expectativas altas	89
5.2.2	Escenario de expectativas medias	89
5.2.3	Escenario de expectativas bajas	89
5.2.4	Proyecciones	89
5.3	Perspectivas	91
5.3.1	Los precios de la OPEP	91
5.3.2	Plan "Carter"	92
5.3.3	Cambios tecnológicos	93
IV	CONCLUSIONES	96
	BIBLIOGRAFIA	100
	APENDICE A. SERIES CRONOLÓGICAS	104
	APENDICE B. LISTADO DEL COMPUTADOR	125

LISTA DE TABLAS Y CUADROS

T A B L A S	Pagina
1. Las clases del combustible pesado	6
2. Principales refineries del Caribe	32
3. El combustible pesado venezolano en la Costa Este de EE UU., 1960-1975	34
4. Composición de la oferta de combustible pesado en la Costa Este, 1960-1975	38
5. Ventas del combustible pesado según clase de uso en el PAD I, 1960-1975	41
6. Ventas del combustible pesado para el uso industrial en el PAD I, y divisiones, 1960-1975	44
7. Plantas eléctricas industriales en el PAD I y divisiones.	45
8. Ventas del combustible pesado para la calefacción en el PAD I y divisiones	46
9. Demanda trimestral del combustible pesado en el PAD I	49
10. Temperatura media trimestral en tres ciudades del PAD I	49
11. Ventas del combustible pesado para uso en plantas termoelectricas en el PAD I y divisiones 1960-1975	50
12. Plantas eléctricas en el PAD I y divisiones - según la fuerza motor.	51
13. Generación eléctrica en el PAD I según la fuerza motor.	52
14. Capacidad eléctrica nueva en el PAD I según fuerza motor y año de inauguración.	53

15.	Las plantas nucleares del PAD I	55
16.	Importaciones del combustible pesado al área aduanera de EE UU , 1967-1976	59
17.	Demanda y ventas del combustible pesado en el PAD I, 1960-1975	62
18.	Modelo de la demanda del combustible pesado, Región Noreste: Resultados de regresión	74
19.	Modelo de la demanda del combustible pesado, División del Atlántico Sur: Resultados de <u>re</u> gresión	77
20.	Modelo de la demanda del combustible pesado, Costa Oriental: Resultados de regresión	79
21.	Modelo reformulado de la demanda del combustible en la Costa Oriental: Resultados de Regresión	83
22.	Proyecciones de la demanda del combustible pesado, Costa Oriental de los Estados Unidos, 1976-1980	90

C U A D R O S

1.	El combustible pesado venezolano en la Costa Este de EE UU , 1960-1975	36
2.	Composición de la oferta de combustible pesado en la Costa Este, 1960-1975	39
3.	Ventas del combustible pesado según clase de uso en el PAD I, 1960- 1975	42
4.	Ventas del combustible pesado para la calefacción en las divisiones del PAD I, 1960-1975	47
5.	Modelo del Ajuste Parcial para la demanda del combustible pesado en la Región Noreste: Distribución de los residuos según deciles de la Ley normal	74

6.	Modelo del ajuste parcial para la demanda del combustible pesado en la Región Noreste: Gráfico residuos en función de valores estimados	75
7.	Modelo del ajuste parcial para la demanda del combustible pesado en la Costa Oriental: Distribución de los residuos según deciles de la ley normal	79
8.	Modelo del ajuste parcial para la demanda del combustible pesado en la Costa Oriental: Gráfico residuos en función de valores estimados.	80
9.	Modelo reformulado para la demanda del combustible pesado en la Costa Oriental: Distribución de los residuos según deciles de la ley normal.	84
10.	Modelo reformulado para la demanda del combustible pesado en la Costa Oriental: Gráfico residuos en función de valores estimados	85
a 1	Evolución comparativa en la Costa Oriental de Z1 y Z2	117
a 2	Evolución comparativa en la Costa Oriental de Z1 y Z3	118
a 3	Evolución comparativa en la Costa Oriental de Z1 y Z4	119
a 4	Evolución comparativa en la Costa Oriental de Z1 y Z5	120

a.5	Evolución comparativa en la Costa Oriental de Z1 y Z6	121
a.6	Evolución comparativa en la Costa Oriental de Z1 y Z7	122
a.7	Evolución comparativa en la Costa Oriental de Z1 y Z8	123
a.8	Evolución comparativa en la Costa Oriental de Z1 y Z9	124

RESUMEN

Venezuela es un país exportador de petróleo, fundamentalmente de petróleo crudo y combustible pesado. Por razones geográficas, la exportación va dirigida en gran medida a la Costa Oriental de los Estados Unidos. Por lo tanto, este estudio procura conocer mejor el mercado de la costa oriental de los Estados Unidos para el combustible pesado, mediante la identificación de los factores esenciales que determinan la demanda.

El análisis macroeconómico establece las características de la operación y conduce al conocimiento de las condiciones del mercado. El combustible pesado es fuente de calor para diversos usos, pero sobre todo es empleado en la generación de electricidad. Compite directamente con el gas natural e indirectamente con la electricidad hidráulica y nuclear. La demanda de combustible pesado en la Costa Oriental se duplicó entre 1960 y 1973, pero experimentó un descenso simultáneamente con el alza de precios ocurrida a fines de aquel año.

De acuerdo con el estudio realizado se llevó a cabo un análisis econométrico. Los modelos aplicados muestran que los factores determinantes de la demanda en la Costa Oriental de los Estados Unidos son:

- a) Una variable de estado o de "resistencia al cambio", expresada por las ventas del combustible pesado efectuadas en el año anterior;
- b) La diferencia entre el valor del combustible pesado necesario para producir un megavatio-hora neto de electricidad y el valor que correspondería a utilizar carbón; y
- c) El ingreso per cápita.

Con el fin de hacer proyecciones de la demanda en el futuro, se plantean tres escenarios distintos, en los cuales se prevé un determinado

cambio interanual de los factores descubiertos en la etapa previa. Las proyecciones en sus tres escenarios muestran, sin excepción, que la demanda permanecerá estática o se verá reducida. Los cambios porcentuales, interanuales, van desde un 1% a un -15%.

La política de precios de la OPEP o la política energética seguida en Estados Unidos, pueden originar cambios en el funcionamiento habitual de este mercado, trazado en el modelo econométrico, ocasionando inconsistencia en las proyecciones. La demora observada en la elaboración de una política energética definitiva en Estados Unidos, es vista como un factor que agrava la incertidumbre y que acentúa la "resistencia al cambio". Pero se concluye que hay posibilidades de descenso en el uso de combustible pesado en dicha costa, aunque hasta ahora no haya ocurrido.

Por otra parte, tanto Venezuela como las Antillas Holadensas y Trinidad, son fuentes de suministro a la que se recurre cuando ya han contribuido las fuentes locales, las de otras zonas de los Estados Unidos y aquéllas dentro de la jurisdicción aduanera establecida por ese país.

En este sentido, es obvio que la reducción de la demanda se hará sentir primero en las mencionadas fuentes ajenas a Estados Unidos.

El problema no es alarmante, pues la reducción en la demanda se compensa ampliamente con un aumento en el precio. Pero una reducción de la demanda del combustible pesado causará

- a) Una disminución en la producción del mismo, y
- b) La obtención de los productos livianos para el consumo interno mediante compras de excedentes en el Caribe o a través de un "craqueo" más severo del petróleo dentro del país.

En las conclusiones se destacan los aspectos siguientes:

- a) La importancia de la investigación de mercados para la formulación de la política petrolera;
- b) La necesidad de emprender una activa investigación de - mercados tradicionales y nuevos, y
- c) La de comercializar con vigor los crudos pesados que debe rán venir a sustituir el combustible pesado en su papel generador de in - gresos para el desarrollo nacional

CAPITULO I

INTRODUCCION

El estudio de los factores que determinan la demanda de un bien económico se ubica temáticamente en los llamados estudios sectoriales. Este tipo de estudio, sin embargo, consta de dos partes complementarias, el estudio de la oferta y el de la demanda, y normalmente se concluye con el balance de éstas, dadas las conclusiones de cada estudio.

Este trabajo ciertamente no pretende llegar a un balance energético para el combustible pesado en el mercado de la Costa Este de los Estados Unidos, pero sí se ha intentado ir mucho más allá que un simple estudio económico de la demanda. Se ha querido presentar este trabajo como una recopila-ción de material diverso sobre el tema del combustible pesado, particularmente en lo referente a Venezuela y a la Costa Este de los Estados Unidos.

Se propuso este objetivo al observar la aparente falta de una tesis integral que guiara a los estudiosos de la materia. Es posible cuestionar, con cierta razón, el valor implícito en el objetivo propuesto, pero la importan-cia del mismo parece bastante evidente, ya que aproximadamente la cuarta parte del volumen de petróleo y productos exportados por Venezuela termina quemándose como combustible pesado en la Costa Oriental de los Estados Unidos. En este sentido se suele hablar del mismo, de las políticas ajenas y propias que lo afectan y de sus perspectivas, a veces sin saber exactamente de qué se trata. - Se ha procurado, entonces, que el presente trabajo responda a la necesidad de disponer de información sistemática al respecto.

La industria petrolera nacionalizada tiene por delante una amplia gama de alternativas. Se puede afirmar, sin error sustancialmente, que el combusti-ble pesado figura en todas ellas. El procesar más crudo, por ejemplo, para su-plir una creciente demanda interna de productos livianos, dados el patrón de refinación existente y el nivel actual de producción de crudo, implica de cierta manera una decisión de vender menos petróleo crudo y más combustible pesado.

Las ingentes inversiones necesarias para el mejoramiento de los cru-

.../...

dos pesados de la Faja del Orinoco pueden imposibilitar otras inversiones de semejante envergadura, destinadas a cambios sustanciales en el patrón de refinación. Es decir, la explotación de la Faja y la refinación caracterizada por rendimientos cada vez mayores en productos livianos, pueden ser metas mutuamente excluyentes. Si ésto es cierto, la decisión de explotar el petróleo de la Faja implica un paquete de exportaciones esencialmente igual al actual.

Estas alternativas son dos entre muchas, pero señalan lo aconsejable de conocer los factores que determinan la demanda del combustible pesado venezolano en su preeminente mercado, la Costa Oriental de los Estados Unidos. A la vez, el conocimiento de los factores puede conducir a proyecciones de la demanda dado un desarrollo de los factores a través del tiempo. Actualmente, las operadoras de Petróleos de Venezuela dependen de las antiguas concesionarias y de informes oficiales y privados referentes al tema en su análisis de la demanda del combustible pesado. Las previsiones adquiridas así pueden resultar tan acertadas como cualquier otra; pero, puesto que tantas decisiones dependerán de la información suministrada, se debería disponer de estimaciones propias, aunque fuera a título de comparación. Este estudio procurará llenar este vacío con proyecciones de la demanda.

Se espera que esta tesis ayude a orientar cualquier estudio posterior - que se acometa en el tema. En todo caso, los resultados obtenidos aquí deben señalar un camino posible para salir de la encrucijada en la que Venezuela se encuentra actualmente.

La metodología empleada en este trabajo es típica de muchos estudios similares. El lector verá un análisis detallado del mercado y producto que, luego, conducirá al planteamiento lógico de un modelo económico aplicable a la Costa Este. El análisis permite la identificación de los factores determinantes de la demanda. Los modelos desarrollados de esta forma se emplearán para generar una serie de proyecciones que, a su vez, pueden utilizarse para apuntar políticas apropiadas.

La bibliografía utilizada está clasificada según su aporte fundamental a

.../...

esta tesis. La bibliografía general ha sido factor de apoyo para casi todo el estudio menos para el análisis técnico y las series cronológicas empleadas. La bibliografía técnica ha sido fundamento para el análisis econométrico. Las series cronológicas utilizadas tienen como fuentes aquéllas debidamente señaladas en el Apéndice A.

No se ha podido encontrar un estudio previo sobre el mismo tema. En la bibliografía general se pueden apreciar varias obras con cierta relación, pero ninguna es específicamente un estudio sectorial para el combustible pesado en la Costa Este de los Estados Unidos. Se espera, pues, que esta tesis constituya un punto de partida que permite la posterior proliferación de trabajos similares sobre este tema de tanta relevancia.

C A P I T U L O II

ENCUADRE CONCEPTUAL E HISTORICO DEL PROBLEMA

Con el fin de plantear el problema se consideró conveniente, en primer lugar, definir el protagonista y su escenario, conjuntamente con las generalidades más importantes que relacionan el uno con el otro.

2.1 El Combustible Pesado

2.1.1 Definiciones.

En la Sección 8 del Decreto 3279, emanado de la Presidencia de los Estados Unidos, que instituyó en marzo de 1959 el muy comentado sistema de cuotas de importación se exponía la definición que desde entonces rige en este campo.

"... un crudo reducido ó un residuo viscoso obtenido por refinación o por mezcla con otros combustibles que cumple con requisitos de o es el equivalente de la especificación militar Mil-F 859, para el Combustible Especial de la Marina de Guerra y cualquier otro combustible más viscoso, como el Número 5 ó el 'Bunker C',¹

El significado implícito en esta definición indica que el combustible pesado debe ser usado como combustible, y que no se debe emplear como carga de refinería.

El combustible pesado es una fuente de calor y, como tal, se usa para la calefacción y generación de electricidad en plantas eléctricas, - plantas industriales, edificios residenciales y comerciales, escuelas, hospitales y otros usuarios industriales. Es el combustible preeminente del transporte marítimo.

¹ El nombre genérico en Estados Unidos es "Residual Fuel Oil", pero en el idioma español se conoce por una variedad de nombres, entre ellos el aceite residual, aceite combustible, fueloil pesado, "Bunker", o simplemente fueloil.

.../...

Este hidrocarburo homogéneo, entre otros requisitos, debe estar libre de sólidos o fibras que podrían exigir la limpieza frecuente de coladores o filtros. Las mezclas que contienen estos combustibles deben - permanecer uniformes al almacenarse, y cualquier decantación que ocurra deberá dejar componentes livianos y pesados dentro de los extremos de viscosidad permitidos para la clase de combustibles que sea.

En general, los combustibles ubicados en las categorías que van - desde el Número 4 al Número 6 son considerados como combustibles pesados, aunque varios destilados pesados pueden venderse como el Número 4.

2.1.2 Las Clases del Combustible Pesado.

El método más sencillo y económico para quemar un combustible líquido es el de utilizar una fracción del calor desprendido en la combustión, para gasificar la fracción de aceites que debe alimentar y continuar la combustión. Este es el método empleado para la combustión de los productos destilados. La dificultad de lograr una combustión en condiciones estequiométricas limita este método a pequeñas instalaciones, tales como aluminado, estufas o cocinas. Es obvio que, tenida cuenta de las suspensiones y los productos difícilmente destilables presentes en los combustibles pesados (naftenos, asfaltos, suspensiones carbonosas, etc.) , tal proceso no es aplicable a la combustión de los combustibles pesados.

Métodos que empleen fuerzas mecánicas para vencer la viscosidad y dar una aceleración de salida suficiente para pulverizar el combustible, son necesarios en estos casos, y la clasificación de los combustibles pesados se hace según la complejidad de estos métodos. Generalmente, mien - tras más viscoso es el tipo de combustible, más complejo será el proceso de combustión empleado.

El Número 4, por lo general, es el combustible pesado más livia - no. Se destina para el uso en hogares capaces de pulverizar combustibles - más viscosos que los utilizados en quemadores domésticos. Dentro de su -

..../...

TABLA N^o 1
LAS CLASES DE COMBUSTIBLE PESADO

CLASE	Punto de In- flamación °F (°C)		Punto de Fluí- dez. °F (°C)		Volumen de agua sedi- mento %		Peso de Ceniza en %		Viscosidad Saybolt Univ. 100 °F (38 °C) **		Contenido de Azufre
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Número 4	130 Ø prescrito (55)		20* (-7)		0.50		0.10		45	125	prescrito
Número 5 (liviano)	130 Ø prescrito (55)		--		1.00		0.10		150	300	prescrito
Número 5 (pesado)	130 Ø prescrito (55)		--		1.00		0.10		350	750	prescrito
Número 6	150 (65)		***		2.00		---		(900)	(9000)	prescrito

* Puntos de fluidez diferentes pueden ser exigidos cuando las condiciones de almacenamiento o uso lo requieran.

** Viscosidades dentro de paréntesis se dan a título de información y no necesariamente constituyen limitaciones.

*** Donde se requiere combustible de bajo contenido de azufre, el Número 6 será clasificado como de bajo (60 °F - máximo) o alto (sin máximo) punto de fluidez. El Número 6 "bajo" deberá ser usado a menos que los depósitos y conductos estén calentados.

FUENTE: Annual Book of ASTM Standards, Part 23, American Society For Testing and Materials Easton, Md., 1974.

rango de viscosidad puede ser bombeado y pulverizado a temperaturas de almacenaje relativamente bajas. Por lo tanto, a menos que haga mucho frío, este combustible no requiere de precalentamiento para ser manejado.

El Número 5 (liviano) es un combustible de viscosidad intermedia que se utiliza en quemadores capaces de aceptar combustibles más viscosos que el Número 4, pero que tampoco requiere de precalentamiento para su uso normal. Es posible, con ciertos equipos o temperaturas de almacenaje muy bajas, que sea preciso el precalentamiento de este combustible.

El Número 5 (pesado) es más viscoso que el liviano, pero su empleo es similar. Puede ser necesario precalentar este combustible, dependiendo del equipo de combustión y la severidad del clima donde se quiera utilizar.

El Número 6, a veces llamado el "Bunker C", es un aceite de alta viscosidad, empleado como combustible por establecimientos comerciales e industriales. Precisa de precalentamiento de su depósito para que permita ser bombeado, y de calentamiento adicional al momento de atomizarse. Los equipos adicionales y el mantenimiento requeridos para manejar este aceite, normalmente hacen imposible su uso en instalaciones menores.

Cuando se suministran combustibles pesados sujetos a reglamentos que limitan su contenido en peso de azufre, ocasionalmente el usuario no recibe el tipo que pida. En estos casos el combustible suministrado puede ser menos viscoso y, de hecho, ubicarse en una clase superior a la pedida.

2.2 Discusión General de la Economía de los Combustibles.

El usuario potencial de un combustible hace su elección en base de una serie de criterios que, por lo normal, son examinados en el siguiente orden: adaptabilidad al proceso al que se destina el combustible; la oferta; los diversos costos que la elección abarca; y -

.../...

el aspecto contaminante del combustible.

En general, los combustibles que compiten con el combustible pesado en este mercado son el carbón (bituminoso y lignito), el gas natural y la electricidad en menor grado.

2.2.1 Adaptabilidad al Proceso.

Sólo unos pocos procesos industriales requieren de un combustible u otro por naturaleza, pero, cuando el combustible tiene por objeto la producción de vapor, generalmente hay convertibilidad total entre los combustibles fósiles y, muy a menudo, la electricidad. - Es decir, no se nota diferencia alguna en el vapor producido que pueda atribuirse al combustible empleado. A veces la conveniencia en el uso del combustible se impone como condición previa y se elige un combustible gaseoso o líquido, pero no se trata propiamente de una cuestión de adaptabilidad.

2.2.2 Oferta.

La facilidad de adquirir un combustible y la seguridad en el suministro suelen ser las facetas principales de esta consideración. La facilidad de obtención obviamente califica la abundancia de un combustible. En el caso concreto del carbón, las reservas estadounidenses de bituminoso y lignito se encuentran principalmente en los estados occidentales de Wyoming, Dakota del Norte, Colorado y Montana, lejos de los usuarios de la Costa Oriental. No obstante, sobre la base de su potencia calorífica, las reservas de carbón constituyen el 99% de los combustibles aptos en los Estados de la Nación, y la política nacional parece en aminorada a la resolución de los problemas de explotación y transporte.

También hay factores que condicionan la seguridad en el suministro. Por ejemplo, el almacenamiento del carbón al aire libre es problemático. Se desmenuza al deshidratarse y puede inflamarse espontáneamente -

.../...

te. En cambio, el petróleo se almacena, no se deteriora; está caracterizado por una gran facilidad de manejo. El gas y la electricidad son difíciles de almacenar. La relativa inseguridad en el suministro de un combustible puede ser compensada, si es posible almacenar grandes cantidades del mismo.

2.2.3 Costos.

Si es factible un sólo combustible después de haber considerado las cuestiones de adaptabilidad y oferta, no será necesario el análisis comparativo de costos. Si al contrario, dos o más combustibles son factibles respecto a los dos criterios anteriores, habrá que emprender un análisis comparativo. El análisis se inicia con las cotizaciones del mercado que se dan con respecto a un volumen o peso determinado del combustible.

2.2.3.1 Costos por Unidad Calorífica o por Rendimiento.

Las cotizaciones del mercado tienen que ser traducidas al costo por unidad calorífica o por rendimiento para comparar con validez los combustibles. El costo de BTU o caloría presente en cada combustible es una medida posible. También el costo de un combustible con frecuencia se expresa en términos de otro, y, de hecho, se usa comúnmente la tonelada equivalente de petróleo (TEP). El valor calorífico, en la práctica, está sujeto a mermas por la presencia del hidrógeno puesto que el calor de vaporización del agua formada al arder el hidrógeno se pierde cualquiera que sea el combustible. El carbón es el combustible fósil con menor contenido de hidrógeno, pero su combustión presenta las mayores dificultades. Con respecto a sus sustitutos, el carbón tiene una menor facilidad de mezcla con el aire, lo que determina una reducida velocidad de combustión y requiere un mayor exceso de aire dentro de un volumen dado. Por otro lado, el gas natural contiene más hidrógeno pero se mezcla más fácilmente con el aire.

.../...

2.2.3.2 Costo de Equipo.

El costo del equipo suele ser más alto para la combustión del carbón. Facilidades para recibir el carbón deben ser adquiridas. Luego el carbón tiene que ser triturado y transportado a sistemas como parrillas automáticas para que se alimente la combustión; y, posteriormente, se requiere de equipos para la remoción de cenizas y escoria. Una tendencia corriente para las grandes calderas en muchas partes de los Estados Unidos en las que se dispone del petróleo, carbón y gas natural, es instalar equipo en el cual pueda usarse uno cualquiera o una combinación de los tres, según el costo de cada uno.

2.2.3.3 Costo de Mantenimiento.

En las instalaciones grandes se verá de ordinario que el costo de mantenimiento del equipo es mayor para el carbón debido al desgaste de los aparatos para transportar el carbón y las cenizas, el desgaste de los pulverizadores y a que se quema el hierro de los alimentadores. El enfriamiento con agua de los hogares ha hecho desaparecer en gran parte el problema del desperfecto de los refractarios, pero éstos pueden fallar quemando petróleo o gas.

2.2.3.4 Costos por Mano de Obra y comodidad en el uso.

Cuando se quema petróleo o gas, desaparece la necesidad de atender al transporte del carbón y sus cenizas. En el equipo de calefacción de residencias, la supresión de la mano de obra suele ser el factor más importante para decidir la adopción del petróleo o el gas. Del petróleo, el gas y la electricidad, las dos últimas fuentes son las de uso más cómodo, porque se suprime la necesidad de abastecerse de combustible y el pago se efectúa después de utilizar la energía.

2.2.3.5 Costos de Manipulación.

La necesidad de manejar las cenizas y los re-
.../..

siduos del carbón aumenta lo atractivo del petróleo y del gas. Para las instalaciones grandes, hay que acreditarle al carbón el valor de venta de las cenizas y de la carbonilla, que en algunos sitios tienen bastante demanda para la fabricación de bloques y para cubrir paseos, veredas o como materiales de relleno.

2.2.3.6 Costos de Energía Auxiliar.

Se considerarán los gastos de la energía auxiliar para transporte, bombeo, etc., de combustibles y residuos (caso del carbón). También se considerará la energía necesaria para la movilización del sistema de parrillas "por debajo" o "sin fin" para la alimentación del carbón.

2.2.4 Aspectos Contaminantes.

La producción de humo es casi innecesaria si se quema carbón en hogares de diseño moderno. Para el carbón pulverizado y la parrilla continua existen colectores de cenizas volantes que suprimen el polvo en los gases que salen de las chimeneas. Aún el petróleo, - cuando mal manejado, es capaz de producir humo. En los últimos diez años son los gases invisibles los que ocasionan mayor preocupación, particularmente los gases sulfurosos. Este problema puede subsanarse mediante la compra de combustibles libres de azufre, mediante el uso de un equipo apropiado,² o a través de una combinación de los dos para que los gases arrojados cumplan con un reglamento determinado en cuanto a su contenido de compuestos sulfurosos.

² El equipo más común instalado en las chimeneas de las plantas termoeléctricas que queman carbón es el llamado "scrubber", o despoja dor. Es un aparato poco económico y considerado de dudosa eficacia.

2.2.5 Conclusión.

Los inversores que piensan reponer plantas viejas o instalar nuevas plantas para atender una demanda creciente, conjugarán estos factores de una forma económicamente racional para elegir el tipo de combustible a ser quemado. Si, por ejemplo, ni el uso a que se destina la planta ni la cuestión de la oferta resuelve el dilema, se emprenderá un análisis comparativo de costos. Supóngase que las alternativas viables son el carbón y el combustible pesado.

El punto de partida puede ser uno u otro combustible; - en este ejemplo será el carbón. Se estiman los costos adicionales del capital fijo implícitos en la decisión a favor del carbón, I . Se estiman los costos operativos adicionales que la misma decisión ocasionará en cada año de la vida útil del proyecto, C . Ahora, al combustible pesado se le paga una prima que es nada más que un reflejo de este hecho: su uso resulta más económico y conveniente en la mayoría de los casos.

Esta prima podría expresarse como el diferencial de los costos anuales de utilizarse uno u otro combustible $P_{cp} - P_c$. Una vez hecha esta recopilación de información, se procede a la evaluación económica. El valor presente neto del proyecto, medido con respecto al mismo proyecto en base de la quema del combustible pesado, está dado por la siguiente fórmula:

$$VPN = -I - \sum_{t=0}^t \frac{C}{(1+i)^t} + \sum_{t=0}^t \frac{P_{cp} - P_c}{(1+i)^t}$$

donde: VPN: Valor presente neto
 t: vida útil del proyecto en años
 i: tasa de descuento

Si el valor presente neto resulta positivo, es aconsejable construir la planta para quemar el carbón; si es cero, es indiferente.../...

te; si resulta negativo, la decisión irá a favor del combustible pesado.

Caben algunos comentarios sobre el análisis: no toma en cuenta factores institucionales, como la depreciación permisible para una u otra instalación; no considera posibles descuentos del impuesto sobre la renta generados por una inversión u otra, ni gravámenes incurridos por una decisión u otra.

También se debe resaltar el carácter geográfico del modelo. Puede ser que todos los factores que entran al análisis sean iguales en todo un mercado bastante amplio geográficamente, menos la prima, $P_{cp} - P_c$. La prima se deduce de los precios de entrega de los dos combustibles en un sitio determinado para la ubicación de la planta. En el sur del estado de Florida, la prima pasa a ser negativa. Es decir, la entrega del carbón tan lejos de los centros carboníferos no es factible. Este es el caso extremo en el cual el análisis comparativo de costos no se aplicaría. Para la mayor parte del mercado objeto de este estudio, la prima es un número positivo en menor o mayor grado. Es decir, existen alternativas en la selección de combustibles. No es el propósito aquí evaluar la prima - que arroje un valor neto de cero en cada lugar de la Costa Oriental de los Estados Unidos, pero eso sería un ejercicio valioso para conocer mejor un segmento particular del mercado.

La confección de una cifra que represente la prima, $P_{cp} - P_c$, para todo el mercado, sí está dentro del alcance de este estudio. Pero hay - que reconocer que esta cifra muy remotamente representa un lugar determinado. Es indicativa de una tendencia, quizás de un posible desequilibrio que inclinará el balance a favor de un combustible u otro.

2.3 El Mercado de la Costa Oriental de Estados Unidos

2.3.1 Generalidades.

Geográficamente el mercado a estudiar abarca diecisiete

.../...

estados y el Distrito Federal de Washington. Estas entidades federales constituyen el Distrito I de la división artificial de los Estados Unidos establecida por la Administración del Petróleo para la Defensa (Petroleum Administration for Defense, PAD). La nomenclatura viene de un esquema de asignación petrolera vigente durante la segunda Guerra Mundial. Las entidades federales enumeradas en sentido de norte-sur, y siguiendo la costa del Atlántico donde sea posible, son: Maine, New Hampshire, Vermont, Massachusetts, Rhode Island, Connecticut, New York, New Jersey, Pennsylvania, Delaware, Maryland, Washington, D.C., Virginia, North Carolina, South Carolina, Georgia y Florida.

El área abarca la totalidad de los estados fundadores de la Unión; y, por su antigüedad relativa, se ha constituido en la vanguardia del país a lo largo de su historia. El desarrollo político, económico y social tuvo sus orígenes en esta región. Las gentes que fueron a poblar el interior del país hasta la costa del Pacífico antes fueron condicionadas por la situación socio-económica de la región madre. Ha sido, de este modo, fuerza conservadora de tradiciones y, a la vez, fuerza que ha provocado innovaciones constantes.

La región no es homogénea a pesar de compartir las características descritas. El estado de Maine, otrora provincia de Massachusetts, ocupa el flanco norte y este del PAD Distrito I. Desde aproximadamente 67° longitud Oeste y 47° latitud Norte la región serpentea a lo largo de la costa del Atlántico en sentido suroeste hasta Florida, estado que detecta los extremos occidental y meridional del distrito. Florida occidental llega a más de 87° longitud Oeste, y los Cayos floridianos se extienden a 25° longitud Norte. La extensión tiene 22° de largo y 20° de ancho, y yace completamente en la zona templada. Naturalmente existen grandes diferencias climatológicas debidas a la gran extensión norte-sur. La temperatura promedio registrada en Portland, Maine, en enero es 21.5°F (-5.8°C); la registrada en el mismo mes en Miami, Florida, es 67.2°F (19.6°C). En agosto el promedio es 66.4°F (19.1°C) en Portland; mientras en Miami es 82.9°F -

.../...

(28.3°C). Esta diversidad le plantea problemas de antemano a nuestro estudio de mercado, pues el combustible pesado no es más que una fuente de calor.

Con la posible excepción del estado de Florida, una península baja y pantanosa del extremo sur, la región tiene una topografía parecida. Paralelo a la costa del Atlántico, que guarda el flanco oceánico, está el macizo montañoso de los Apalaches, que ocupa el flanco interior extendiéndose desde Nueva Inglaterra hasta más allá del estado de Georgia. Tiene esta cordillera una extensión de más de 2000 kilómetros y una altura máxima de 2037 metros. Hasta fines de la época colonial impidió la migración hacia al oeste. La presencia de este macizo complica el transporte pesado, pero de ninguna forma la imposibilita. La red de carreteras y de vías férreas permite ininterrumpido movimiento a través y a lo largo de la sierra en la actualidad. Entre los Apalaches y la costa del Atlántico, en general hay dos zonas paralelas. Estas son la zona del piedemonte y de los llanos costaneros. La línea divisoria entre estas zonas es de gran interés histórico y económico. El primer movimiento de colonos alcanzó esta línea donde se fundaron los primeros asentamientos costa adentro. El desplazamiento fluvial era y sigue siendo fácil hasta esta línea de saltos. Muchas de estas ciudades luego se convirtieron en centros industriales a base de la energía hidráulica. Aunque se está enfocando esta región como un conjunto, cabe señalar que los llanos costaneros constituyen el principal mercado para el combustible pesado. La distribución de este combustible depende de la disponibilidad del transporte fluvial, canalero, o por otras vías marítimas, en mucho menor grado del transporte en vagón cisterna, y casi nunca de oleoductos. Normalmente no compete exitosamente con el carbón en zonas productoras de éste, y el macizo de los Apalaches con excepción del extremo norte, es una zona productora del carbón.

La población del PAD I en 1960 fue de 70,893,000 habitantes en - 1975 había llegado a 83,176,000. Constituyó en los años extremos del estu -

.../...

dio aproximadamente el 39% de la población total de los Estados Unidos. Esta observación, sin embargo, no es suficiente. El Buró del Censo, parte esta zona en tres divisiones. La División de Nueva Inglaterra abarca los estados de Maine, New Hampshire, Vermont, Massachusetts, Rhode Island y Connecticut. La División del Atlántico Medio comprende los estados de New York, Pennsylvania y New Jersey; y la División del Atlántico Sur está constituida por las restantes entidades federales. Entre 1960 y 1975 la población de los Estados Unidos creció a razón de 1.11% anual³. Las tasas correspondientes para las tres divisiones fueron: Nueva Inglaterra, 0.98%; Atlántico Medio, 0.56%; Atlántico Sur, 1.71%. Desde 1972 la población del Atlántico Medio incluso disminuyó.

Así se resalta otro aspecto heterogéneo. La Región del Noreste, - constituida por las divisiones de Nueva Inglaterra y del Atlántico Medio, es una región madura, de población estancada, y como se verá más adelante, altamente industrializada y urbanizada; mientras la División del Atlántico Sur es mucho más dinámica, destacada por su evolución durante el período. La tasa de urbanización se mantuvo en un constante 86% en la Región Noreste durante el período; mientras pasó del 61% al 66% en la División del Atlántico Sur. En el estudio de Tolley, et.al., la tasa de urbanización se mostró como una variable importante en la demanda de electricidad; y si fue se cierto para la demanda del combustible pesado, podría ser aconsejable intentar enfocar los dos mercados separadamente, pues, cada uno es una unidad demográfica relativamente homogénea,

La extensión del PAD I es 448,255 millas cuadradas (721396 kilómetros cuadrados), aproximadamente la octava parte de la extensión del conjunto de los Estados Unidos. Las densidades por kilómetro cuadrado van desde 70 personas en Nueva Inglaterra, a 140 en el Atlántico Medio, y a 47 en el Atlántico Sur. Las altas densidades conjuntamente con la existencia del corredor superurbanizado desde Washington a Boston han dado nacimiento al mo-

³ Crecimiento exponencial salvo indicación contraria.

vimiento contra la contaminación ambiental que tanto afecta el estudio - de los combustibles.

Entre 1960 y 1975 el número de empleados en la industria manufacturera se mantuvo constante en todo el PAD I; mientras que en el conjunto de los Estados Unidos hubo un crecimiento de 0.59%. En la región del Noreste el empleo en la industria manufacturera bajó a razón de 0.8% anual; en la división del Atlántico Sur el crecimiento fue de 1.8%. En 1975, en todo el PAD I, el empleo en la industria manufacturera representó un 8.9% de la población comparado con el 8.6% para los Estados Unidos. Para el Noreste (Nueva Inglaterra y el Atlántico Medio) esta cifra fue un 9.7% de la población; para el Atlántico Sur el empleo constituyó el 7.8%. Estas cifras son indicativas de la industrialización comparativa.

El crecimiento del ingreso personal en el mismo período en el PAD I fue un 3.44% anual (US\$ de 1967), lo que puede compararse con el crecimiento del producto nacional bruto de los Estados Unidos de un 3.2% en el mismo lapso en dólares constantes. En el Noreste el ingreso personal subió en un 2.7% anual; mientras que en el Atlántico Sur la tasa fue un 4.9%.

En vista de lo anterior, este estudio intentará especificar modelos tanto para la Región Noreste y la División del Atlántico Sur separadamente, como para toda la Costa Oriental.

2.3.2 El Cuadro Energético.

Historicamente la energía hidráulica dio origen al desarrollo industrial de esta zona, haciendo que las plantas industriales se ubicaran cerca de las fuentes de esta energía, y principalmente en el Noreste. El advenimiento de la época de vapor y más tarde de la electricidad permitió más flexibilidad en cuanto a la localización de plantas industriales y al tipo de manufactura.

..../...

El Noreste, coadyuvado por una fuerza de trabajo capacitada y facilidades de capital, creció violentamente en el último cuarto del Siglo XIX y el primero del presente siglo. Un desarrollo similar, en el Atlántico Sur, tardó en manifestarse hasta después de la Segunda Guerra Mundial, y aún sigue en pie.

Desde la guerra, en toda la región, el crecimiento más dramático ha sido en las zonas suburbanas. Este patrón de crecimiento ha tenido un efecto notable sobre el consumo de energía. La vivienda unifamiliar se ha proliferado con rapidez, acontecimiento que hizo indispensable el uso del automóvil particular. Con la construcción de una red vial para facilitar la movilización de la gran cantidad de dichos vehículos, hubo un deterioro imprevisto y asombroso del sistema de transporte masivo público. En lo que atañe a este trabajo es de observar que en la vivienda unifamiliar la calefacción del ambiente y agua se venía haciendo cada vez más con destilados del petróleo, luego con el gas natural, y últimamente hasta con la electricidad.

El carácter de la base industrial del Noreste debe subrayarse en este sentido de la energía. Las industrias de esta zona tienen, en promedio, un mayor valor agregado por unidad de energía consumida, que en el conjunto de los Estados Unidos. En el Atlántico Sur la relación es todo lo contrario. En los últimos treinta años se ha visto un desplazamiento notable hacia el sur, de las industrias de intensiva utilización de la energía. La región más madura, el Noreste, se va perfilando como región de industrias, intensivas en otros factores, como la industria de computación y comunicación, alrededor de Boston. En 1975 el promedio nacional de consumo de energía eléctrica per cápita fue 8.92 Mwhr anuales. En el Noreste el consumo se situó en 6.24 Mwhr, apenas el 70% del promedio nacional; pero en el Atlántico Sur la tasa fue de 10.15 Mwhr per cápita, un 114% del promedio nacional. El consumo del PAD I fue 7.83 Mwhr per cápita, siete octavos del consumo promedio nacional.

.../...

Un factor esencial para la comprensión de la situación energética en el PAD I, es la falta de recursos energéticos propios. En Maryland y Pennsylvania occidentales, y en West Virginia hay gran producción de carbón, pero la geografía de la región favorece la exportación del carbón explotado, al valle del río Ohio y a la región de los Grandes Lagos. Las reservas de petróleo, gas natural y la potencia hidráulica no son grandes, y las perspectivas de descubrimientos no parecen prometedoras.⁴

La región ha tenido que recurrir, por sus fuentes primarias de energía a zonas de superávit energético. El carbón le llega del Oeste por ferrocarril. En los últimos años se han ensayado envíos de carbón desde Europa occidental, aunque éstos representan un volumen ínfimo con respecto al total consumido. El uso del carbón ha experimentado un descenso abrupto. Hace unos veinte años, la red ferroviaria movía al mercado de Nueva Inglaterra y la Costa del Atlántico hasta 52 millones de toneladas cortas al año, mientras que el mismo mercado exige tan sólo entre 15 y 20 millones de toneladas en la actualidad. Esta reducción ha golpeado la industria ferroviaria con particular dureza, conduciendo a múltiples quiebras y al deterioro general de las vías y equipo. Brainard, et. al., sostienen que, en 1974, un 23% de la producción nacional del carbón fue transportado al mercado por compañías quebradas. Este cambio en el patrón de consumo ha conllevado consecuencias que luego se opondrán a cualquier intento de volver al patrón anterior.

El uso del gas natural tuvo un crecimiento vertiginoso, simultáneamente con la extensión de la red de gasoductos en los años 50. La región consumiría aún más de este combustible si pudiera pero las asignacio_

⁴ Una posible excepción es el petróleo y gas natural de la plataforma continental exterior costa afuera.

nes de la oferta han sido reducidas desde 1973. Esta situación efectivamente margina el gas natural en la competencia con el combustible pesado. La oferta es asignada preferencialmente al uso de la calefacción en edificaciones menores, y usos industriales muy limitados que requieren de este combustible en particular. Las iniciativas tomadas y por tomar, como el gasoducto de Alaska, la explotación costa afuera, y la creciente importación del gas natural licuado, apenas se muestran adecuadas para contrarrestar las disminuciones subsecuentes de la oferta doméstica. La mayoría de los expertos duda, que una reducción de controles sobre el precio del gas natural pudiera producir un aumento substancial de la oferta. En fin, es probable que el uso de este producto no experimente ningún cambio del patrón existente. Seguirá siendo utilizado el gas natural en un mercado de calefacción paralelo al del combustible pesado, y en menor grado, como combustible de turbina en las unidades eléctricas de pico, principalmente en el verano.

2.4 Resumen Histórico del Producto y Mercado, 1960-76

2.4.1 La Epoca del Combustible pesado.

Es quizás, un triste comentario sobre la evolución humana, pero muchos avances tecnológicos tuvieron sus raíces en aplicaciones bélicas. Aunque es imposible especificar la hora y la fecha exactas, al principio del siglo XX el combustible pesado vino a reemplazar el carbón en los barcos de guerra. Ya se han expuesto una serie de ventajas que caracterizan al combustible pesado. Los armadores no ignoraban estas ventajas, y decidieron aprovecharlas para solucionar un problema técnico. Cada día se les exigía una coraza más gruesa capaz de resistir una artillería naval más potente; pero mayor peso, sin el sacrificio de velocidad y agilidad, se traducía en más potentes y mayor consumo del combustible, el carbón. Esto, a su vez, significaba, o bien más peso por la gran carga que representaba el combustible, o menor autonomía, o bien una combinación de los dos. El advenimiento del combustible pesado trajo consigo la solución al dilema, por lo menos a corto plazo. Para una potencia calorífica equivalente, el combustible pesado, pesaba aproximadamente dos ter -

.../...

cios de lo que pesaba el carbón. Se podía almacenar en el espacio anular entre los cascos; no requería de tanto tiempo para producir vapor; y no dejaba la característica huella de humo del carbón. Por lo tanto, hubo una revolución en la marina de guerra, la cual no tardó mucho en hacerse sentir en otros sectores.

2.4.2 El Programa de las Cuotas.

A mediados de la década de los 50 se venía perfilando la situación en Estados Unidos, que conduciría en 1959 a la imposición de cuotas sobre la importación de petróleo y productos. A fines de 1954 un comité constituido a propósito de estudiar el suministro de energía y de proponer políticas apropiadas señaló el renglón del combustible pesado como uno de los de mayor dependencia de los suministros extranjeros⁵. Las importaciones habían subido para constituirse en un 8% de la producción del carbón en términos equivalentes. El combustible pesado producido por refinadores domésticos se había mantenido volumétricamente igual, y, como resultado, las importaciones representaban un 23% del consumo. El debate siguió de esta forma hasta marzo de 1959. En aquel año el Presidente Eisenhower, mediante el Decreto 3279, dio comienzo al régimen de las cuotas.

La administración del programa se le confirió al Secretario del Interior y, específicamente, a la Administración de Importación Petrolera (Oil - Import Administration, OIA). Las importaciones originalmente fueron congeladas al nivel alcanzado en los PAD distritos I a IV en el año 1957; es decir, 475 mil barriles diarios. Las importaciones del combustible pesado destinado al uso militar costa afuera, al uso de buques en el comercio internacional, o para su subsecuente manufactura y reexportación estaban exentas de la restricción. La frase clave para definir el combustible pesado sujeto a la nor -

5

"Task Force Report to Cabinet Committee on Energy Supplies and Resources Policy", 24 de noviembre de 1954.

ma era : "... combustible pesado destinado a ser quemado como combustible" ⁶ Envíos desde Puerto Rico, y los que por vía terrestre, provenían de Canadá y México también estaban exentos.

La OIA hacía una previsión de la oferta y la demanda doméstica de este combustible, que cubría el período del primero de abril hasta 31 de marzo del año siguiente. La cuota representaba la diferencia entre la oferta doméstica y la demanda prevista. Las cuotas iban progresivamente en aumento. Desde 550 mil barriles por día, en abril de 1960, se vio como necesario liberalizarla aún más para satisfacer la demanda invernal del mismo año. Para el período de abril de 1964 a marzo de 1965 la cuota alcanzó 639 mil barriles diarios. Durante el crudo invierno de 1964-1965 hubo tantas exigen - cias contra los stocks que fue necesario permitir importaciones adicionales para recuperar un nivel prudente de existencias. Pero el consumo absorbió lo importado sin que se rectificara la situación.

Por cierto que la creciente demanda fue el factor más importante - que determinó la derogación de las cuotas para el PAD Distrito I en 1966 . Sin embargo, la tendencia para que los refinadores domésticos adquirieran - cada vez más unidades de craqueo catalítico para convertir los residuos de destilación en productos livianos aceleró este suceso. El rendimiento en com bustible pesado en el PAD I pasó de un 13.4% en 1960 a un 8.3% en 1965, lo que significó un descenso de unos 64 mil barriles diarios de combustible pe - sado a los niveles de crudo procesado existentes. Los rendimientos en Com - bustibles Pesados de las refinerías en la Costa del Golfo experimentaron una baja similar, y los envíos a la Costa Este, por lo tanto, cayeron en un 40% entre 1960 y 1966.

⁶ Presidential Proclamation "Adjusting Imports of Petroleum and Petroleum Products into the U.S.---3279." 10 de Marzo de 1959, Sec. 2 (2) (e).

A partir de 1966 la importación del combustible pesado al PAD queda libre de restricciones. Este distrito fue objeto de un trato especial en este renglón porque, efectivamente, la totalidad de las importaciones de la nación se dirigían a este único distrito, y las exigencias iban creciendo de tal forma que ya no se podía justificar la cuota ante el clamor de intereses económicos.

El motivo expuesto para justificar el programa de cuotas era el interés estratégico de mantener una saludable industria petrolera doméstica. Valga decir que el programa no era completamente consistente con aquel objetivo. De hecho, el eventual levantamiento del cupo con respecto al combustible pesado fue una medida contradictoria. Se hizo, supuestamente, para favorecer a Venezuela; es decir, constituía una manifestación de fé en la confiabilidad de la fuente. Se pregunta, entonces, si Venezuela era una fuente segura del combustible pesado, ¿Por qué no se veía también como fuente segura de crudo u otros productos? Además, el mercado quedó abierto a cualquier fuente de combustible pesado, lo que negaba la premisa de que Venezuela fuera objeto de un trato especial.

El gobierno venezolano decidió a fines de 1965 desempeñar un papel más activo en los precios del combustible pesado. En un oficio enviado a las compañías, se les informaba que los descuentos en exceso del 10% no se permitirían a partir del primero de enero de 1966. Más tarde se convino que estos descuentos no serían superiores al 15% para el "Bunker C"; y la medida, tal como se explicó, no se refería a los precios de realización sino se vería como un precio de referencia a propósito del impuesto sobre la renta. La medida, similar a la usada para fijar el valor del petróleo de regalía, más tarde se convirtió en el control principal sobre los precios realizados por las compañías.

2.4.3 El Inicio de la Defensa del Medio Ambiente.

En 1963 se promulgó la Clean Air Act, el primer paso dado por el gobierno federal de los Estados Unidos para reducir la contaminación

..../...

ambiental. A partir de entonces una serie de reglamentos regionales y locales ha impuesto una determinada composición del combustible, refiriéndose fundamentalmente al contenido de azufre. En 1966 el Consejo Municipal de New York mandó la progresiva reducción del contenido máximo de azufre - en los combustibles de cualquier naturaleza consumidos dentro de su jurisdicción. El programa impuso una limitación de 2.5% para entrar en vigencia el primero de octubre de 1966 para todos los combustibles. Adicionalmente, se decretó el uso de combustibles todavía más "limpios" para plantas termoelectricas en condados suburbanos y para los combustibles pesados consumidos en edificios federales. La legislación es, hoy, típica de muchos centros urbanos del mercado. El Ing^o Manuel Ramos estimaba en 1971 que el 65% del combustible estaba sometido a una norma que exigía un contenido máximo de azufre del 1%, lo que se comparaba con un 49% el año anterior. Se informaba, a la vez que existían reglamentos más estrictos, como los de Boston, que limitaban el contenido de azufre a un 0.5% y aún al 0.3% como era el caso de ciertas municipalidades de New Jersey.⁷ Se discutirá más adelante los probables efectos ocasionados sobre la demanda del combustible pesado por estas medidas.

En 1967 el contenido promedio de azufre del combustible pesado venezolano era un 2.65 %. En aquel año empezaron a estudiarse los proyectos de desulfuración de la Creole y la Shell . Se preguntaba si la desulfuración del combustible pesado era realmente necesaria y, lo que no era menos importante, a quien le correspondería correr con los costos. Hoy en día no existen tales dudas: la demanda existe en gran medida y el consumidor no sólo paga los costos sino que está dispuesto a concederle una prima a la calidad. En 1968 se aprobaron los dos proyectos. El de la Creole, terminado en 1970 , consistía en cuatro unidades de destilación al vacío, dos unidades de hidrodesulfuración, una unidad de hidrofinación, una planta de obtención de azufre y equipos complementarios, todo a un costo de Bs. 528 millones. El proyec

⁷ Ramos, Manuel. "La Economía de la Desulfuración de Combustible Pesado", Energía e Industria, N^o 2 Enero Marzo 1973, Págs. 27-36

to de la Shell lo integraban: una planta de generación de hidrógeno; dos plantas hidrosulfuradoras: una para destilados livianos y otra para destilados pesados; una planta de tratamiento de gases sulfurados y una planta de recuperación de azufre, todo por Bs. 131 millones.

Las capacidades de los proyectos de la Creole y la Shell eran, respectivamente, un volumen mínimo de 100,000 barriles diarios de combustible pesado de un 1% de azufre en peso, y de 50,000 barriles diarios de combustible pesado entre un intervalo de 2.4% al 1%. El proyecto de la Shell era capaz de reducir combustibles hasta un 0.4% de azufre en peso. Para 1976 el Ministerio de Minas e Hidrocarburos reportaba una capacidad de producción de combustible pesado de bajo contenido de azufre (en base a un contenido de azufre promedio del 1% en peso) de 400,000 barriles diarios, con un incremento previsto de 19,000 barriles diarios cuando fuera instalado el nuevo complejo hidrosulfurador en la refinería de Morón. En el período desde antes del inicio de estos programas hasta el presente, el rendimiento en combustible pesado de las refinerías venezolanas no ha experimentado cambios mayores, pero la calidad del producto se mejoró considerablemente. En 1968 la totalidad de los combustibles se vendió tal cual; para 1976 el 28% del combustible pesado obtenido, tenía un contenido de azufre promedio del 1% en peso.

2.4.4 El Cuadro Reciente.

El Combustible pesado se mantuvo al margen de los cambios legislativos ocurridos en el primer semestre de 1973 en Estados Unidos. La enmienda presidencial 58 al Decreto 3279 eliminó las limitaciones volumétricas de petróleo crudo y productos, y reemplazó los aranceles de importación por una escala ascendente de tasas, a aplicarse a los volúmenes de la importación que excedieran los niveles establecidos. Seguía vigente el objeto de proteger y, a la vez, estimular la producción doméstica.

Este esquema, también se vino abajo a fines del año coincidente

.../...

con el embargo de la OAPEP, para ser implantado de nuevo por el Decreto Presidencial 341 de enero de 1975.

Bajo una provisión de la Ley de Estabilización Económica se implementó un programa de asignación del combustible pesado en noviembre de 1973. Se había previsto una escasez significativa para ese invierno, que nunca se manifestó, gracias, probablemente, a la suavidad del invierno y, también a la conservación lograda en los sectores privado y comer-cial. De hecho, hubo un descenso de un 10% en el consumo en diciembre, - comparado con el mismo mes del año anterior. El MMH estima que una parte importante del déficit se debió a lo que dejó de producirse en las refinerias del Caribe. Muchas de estas refinerías son intermediarias, procesan- do crudo ajeno para suplir el mercado de la Costa Este de los Estados Uni- dos. Supuestamente, el área dependía en un 22% del suministro árabe. La - disminución de exportaciones de combustible pesado estuvo en función de - rendimientos de refinación del 60% en combustibles pesado, y se estimó en - tre 63.3 mil barriles diarios y 71.4 mil barriles diarios.⁸

En 1975, conjuntamente con el restablecimiento de los aranceles a sus niveles tope, la Administración Federal de Energía anunció el pro- grama de igualación de costos, con el propósito de distribuirles a los refinadores las ventajas de poder alimentar con crudos domésticos sujetos a controles de precio. El valor total del derecho de igualación se obtenía a partir de la diferencia entre el precio del crudo importado y el crudo - doméstico "viejo", el que ocupaba el escalón inferior de los crudos controlados, menos un pequeño descuento por concepto de ventaja del crudo domés-tico. Por este método el valor total dependía principalmente de las fluc-tuaciones del crudo importado por cuanto el otro precio en la fórmula era fijo. Se estima que, durante 1976, el valor total de este derecho osciló

⁸ Memoria y Cuenta: Ministerio de Minas e Hidrocarburos.
Caracas, Venezuela. 1973.

entre US\$7.80 y 8.00 por barril).

Refinadores que pueden obtener crudos domésticos por encima de un nivel acordado, están obligados a comprar los derechos por ese monto, los cuales son transferidos a refinadores que tienen que importar crudos por encima del mismo nivel para satisfacer sus requerimientos. En 1976 el beneficio recibido por el refinador, por concepto de cada barril importado, era, aproximadamente, una tercera parte del valor del derecho de igualación.

El resultado que aporta este esquema sobre el combustible pesado en la Costa Este es complejo. Refinadores domésticos, de cualquier índole, pagan menos por el crudo que si tuvieran que comprar al precio internacional, pero la mayoría de ellos tiene un mercado para el combustible pesado asegurado frente al producto importado del Caribe. Entre los refinadores del Caribe, los que se vieron favorecidos por la medida eran los ubicados en territorios norteamericanos, es decir, en la jurisdicción aduanera. Se trata de las refinerías de Puerto Rico y, particularmente, las Islas Vírgenes.

En abril de 1976 se modificó el sistema de asignaciones, como respuesta a la presión política de treinta mayoristas del PAD I. Refinerías domésticas, como las de la Hess Oil de las Islas Vírgenes, vieron bajar el monto de su derecho por barril de petróleo importado en un 50%, mientras los mayoristas importadores del combustible pesado vinieron a realizar un 30% del mismo monto sobre cada barril importado. Numericamente, esto significa que la Hess, quien antes disfrutaba de una ventaja de aproximadamente \$2.90 por barril sobre el importador costaoriental que su suplía de otras fuentes, ya no recibía sino US\$1.45, mientras el importador percibía US\$0.90. La Hess sigue con una ventaja frente a otras refinerías del Caribe, pero ésta se ha reducido significativamente.

Simultáneamente con la imposición del programa de igualación de costos en 1975, el Presidente Ford ordenó un recargo adicional de US\$ 1.00 por barril de petróleo crudo importado. El primero de marzo el recargo fue elevado a US\$ 2.00. Con la aprobación de la Ley de Política Energética y Conserva

.../...

ción, en diciembre de 1975, este recargo fue levantado. Es posible que el levantamiento incidiera indirectamente en debilitar aún más el mercado de aquel invierno. Con disponibilidades de crudo más económico, las refin⁹ - rías domésticas, antes afectadas por el recargo, acumularon existencias de combustible pesado que rebasaron las necesidades de un invierno suave.

Al final del período estudiado, el mercado sigue regido por un programa de asignaciones menos extenso. Los impuestos de importación son moderados: US\$ 0.0525 por barril del combustible de inferior calidad; y US\$0.105 por barril del combustible menos pesado.⁹ Se vislumbra un retorno a algunas características antiguas del mercado. Particularmente, la FEA ha tomado una posición fuerte a favor de la construcción de nuevas refinerías enfatizando la capacidad para rendir combustible pesado. Para 1975 era evidente un regreso a los rendimientos domésticos en combustible pesado característicos de 1960. En 1970, por ejemplo, del crudo procesado, las refinerías del PAD I produjeron un 7.4% en combustible pesado. Para 1975 la tasa era un 12.3%, y la producción local suplió el mercado a razón del 13%, algo que no se había visto desde el año 1963.

2.5 La Oferta del Combustible Pesado en la Costa Oriental de los Estados Unidos.

Aunque este estudio no pretende ser un balance energético, es importante resumir las fuentes principales del producto consumido en la Costa Oeste.

A propósito de este análisis, hay que señalar que las estadísticas no son siempre homogéneas. En los anuarios del comercio exterior de los Es-

⁹ El numeral arancelario de los combustibles pesados es 3324000. Desde 1968 queda subdividido en dos renglones: 3324020, de menos de 25°API; 3324040, de más de 25°API.

tados Unidos se suprimen, desde luego, los movimientos entre las varias entidades de la Unión; y, de hecho, el combustible pesado producido en las Islas Vírgenes y Puerto Rico, enviado a la Costa Este, se considera objeto de una transferencia interna.¹⁰ La información publicada por el Buró de Minas a veces incluye envíos recibidos de fuera de los Estados contiguos, pero en la misma hay que prestar particular atención a la naturaleza del combustible recibido.¹¹ Una cantidad considerable es recibida "in bond", o sea, para el uso de buques en el comercio internacional. Otra cantidad se vuelve a exportar. Aún con estas dificultades, es posible tener una idea más o menos precisa del origen de este producto en la Costa Este.

2.5.1 Oferta Doméstica- Estados Contiguos.

Esta oferta está constituida principalmente por la producción local y los envíos de la Costa del Golfo. Si se observa la Tabla N° 4, "Composición de la Oferta de Combustible Pesado en la Costa Este, 1960-1975", se puede apreciar el peso de este componente respecto a la oferta total. En los dos primeros años del estudio la oferta doméstica constituyó una tercera parte de la oferta total. Su importe cayó hasta colocarse en un 10% antes de la crisis petrolera de 1973-74. Conjuntamente con el descenso de los rendimientos de refinería en este producto, se produjo un fenómeno en la Costa del Golfo. La extensión de la red de gasoductos a los mercados del Norte, hizo que se alterara la dieta de la industria petroquímica en la Costa del Golfo. Vino a ser más económico el uso de cargas líquidas, que las de gas, y gran parte de la producción del combustible pesado que antes iba al mercado tal cual, se convertía por craqueo a naftas. La tendencia obviamente ha sido invertida. Para 1975 la oferta doméstica alcanzó un 23% del total .

¹⁰ FT-135, US Imports. U.S. Department of Commerce.

¹¹ Mineral Industry Surveys, U.S. Bureau of Mines.

2.5.2 Oferta Extraterritorial.

Venezuela y las Antillas Holandesas dominan este componente en 1960 en un 90.5%. El mercado se ha vuelto más diversificado durante el transcurso de estos años. Aunque Venezuela y las Antillas Holandesas siguen supliendo el mercado en un 56.8% de la oferta extraterritorial, existen otras fuentes importantes. Trinidad sumó un 5% en 1960, pero su ponderación subió rápidamente para colocarse entre un 10 y 15% desde 1962 en adelante. Hubo un período entre 1967 y 1970 cuando importaciones de excedentes italianos se hicieron importantes. Este combustible, de origen libio, era de bajo contenido de azufre y su relativa abundancia casi acababa con la prima por bajo contenido de azufre. Su participación en este componente fue un 5% aproximadamente durante los años indicados, pero, coincidente con el proceso nacionalista en Libia, desaparecieron los excedentes y las dificultades observadas con las primas.

A mediados de 1970 se inauguró la refinería de la Bahamas Oil Refining en Freeport, Islas Bahamas, con una capacidad inicial de 250,000 barriles diarios. Esta refinería, con excelente ubicación geográfica y con una dieta de crudos dulces, alcanzó una ponderación de poco menos de un 10% para 1971.

2.5.3 Oferta Doméstica- Fuera de los Estados Contiguos.

Puerto Rico ya no es una fuente substancial de combustible pesado. La isla tiene un alto consumo interno, y las refinerías, aunque de gran capacidad, tienen facilidades de craqueo y reformación que no son típicas de otras refinerías del Caribe.¹² Una refinería, la de la Yabucoa Sun-

¹² Refinerías, Puerto Rico	Crudo (b/d)	Craqueo Catalítico	Reformación Catalítica
Caribbean Gulf, Bayamon	37300	7800	5500
Commonwealth, Penuelas	161000	40000	70000
Yabucoa Sun, Yabucoa	85000		
	283800	47800	75500

FUENTE: International Petroleum Encyclopedia, The Petroleum Publishing Company, Tulsa, OK: 1977

.../...

Oil, es típica del Caribe, pero su capacidad no es comparable con los gigantes de la región.

En 1967 se inauguró la refinería de la Hess Oil en las Islas Vírgenes. Inicialmente tenía una capacidad de 55,000 barriles diarios, pero ampliaciones subsecuentes llevaron ésta a los 728,000 barriles diarios para 1976. Es ahora la refinería más grande de la región; y, con una unidad de reformación de tan sólo 80,000 barriles diarios, se destina típicamente a la exportación del combustible pesado a la Costa Este. Para 1974 alcanzaba la cifra individual de las Antillas Holandesas en cuanto a exportación a los Estados Unidos se refiere; y, en 1975, con la depresión económica en Estados Unidos e influenciada por su posición político-geográfica, la participación de esta refinería igualó las de Venezuela y las Antillas Holandesas tomadas individualmente. En los tres primeros trimestres de 1976, los envíos del combustible pesado desde las Islas Vírgenes a Estados Unidos se situaron en aproximadamente 250,000 barriles diarios, una cifra media entre Venezuela y las Antillas Holandesas. Entre los tres productores, se suplió un 64% de la demanda de importaciones del combustible pesado.

2.5.4 Detalles Adicionales.

Sin entrar en mayores detalles, se puede decir que, durante el período 1960-1975, el combustible pesado exportado de Venezuela y las Antillas Holandesas provino de crudos venezolanos. Hasta el año 1970, la mitad del crudo procesado por las refinerías de Trinidad y Tobago era de origen venezolano. Este patrón cambió repentinamente, y, en 1975, el crudo venezolano apenas representó el 5% del total procesado.

Por lo tanto, las refinerías fuera de la órbita venezolana se ven como intermediarias, donde se refina crudo extraregional del Africa y del Medio Oriente, y se exportan principalmente residuales a la Costa Este de los Estados Unidos.

Durante el período se ha observado, al igual que en Venezuela, la instalación de plantas desulfuradoras, en otras regiones del Caribe. Ade-

.../...

más, fuera de Venezuela, han aparecido varios puertos para supertanqueros capaces de trasbordar crudos de los VLCC a buques tanques de menor calado.

Seguidamente se podrá apreciar una lista de las principales refinerías de la región. Estos gigantes son capaces de procesar aproximadamente 3723 mil barriles diarios de crudo. El rendimiento conjunto en combustible pesado debe encontrarse entre el 50 y el 60%, lo que da un intervalo de producción de entre 1,361.5 mil barriles diarios y 2,233.8 mil barriles diarios. En el año pico de las importaciones a la Costa Este, 1973, se importaron 1,750.7 mil barriles diarios aproximadamente. La última cifra es, comparada con el intervalo de producción, un 94% y un 78%. En 1973 la tasa de utilización de las refinerías del Caribe fue un 92.4%. En 1975 había bajado al 59.7%, pero se recuperó en 1976 al 66.6%.¹³ La baja utilización responde en gran parte a los movimientos en la demanda del combustible pesado en la Costa Este.

T A B L A N° 2
PRINCIPALES REFINERIAS DEL CARIBE
(Mayores de 70,000 b/d)
1.977

<u>P A I S</u>	<u>LUGAR</u>	<u>COMPANIA</u>	<u>CAPACIDAD</u> <u>(mil b/d)</u>
VENEZUELA	1. Amuay	Lagovén	600
	2. Cardón	Maravén	320
	3. Puerto La Cruz	Menevén	100
	4. El Palito	Llanovén	103
ARUBA Y CURAZAO	5. Aruba	Lago Oil & Transport	440
	6. Curazao	Shell	370
TRINIDAD Y TOBAGO.	7. Pointe-a-Pierre	Texaco	361
	8. Point Fortin	Trinidad y Tobago	100
ISLAS VIRGENES	9. St. Croix	Hess Oil	728
ISLAS BAHAMAS	10. Freeport	Bahamas Oil	500
		Refining.	
			<u>3723</u>

¹³ Petroleum Intelligence Weekly, Vol. X VI, N°36, 5 de septiembre de 1977.

FUENTE: International Petroleum Encyclopedia, The Petroleum Publishing Company. Tulsa, OK: 1977.

2.6 El Nexo entre Venezuela y la Costa Este.

2.6.1 El Aspecto Venezolano.

Fueron examinados varios enfoques para demostrar mejor el vínculo entre la industria petrolera venezolana entendida ésta como la - fuente del capital del desarrollo venezolano, y el mercado para el combustible pesado existente en el PAD Distrito I de los Estados Unidos.

Quizás uno de los más convincentes sea el que sigue, el cual es análogo a la construcción de una casa desde el techo para abajo. El techo del gráfico es la producción del crudo venezolano. De ahí se echan los cimientos y murallas. Las exportaciones del combustible pesado que Venezuela dirige al PAD I de los Estados Unidos aparecen en primer lugar. Fue necesario desagregar esta serie estadística de una más global, las exportaciones al conjunto de los Estados Unidos. A esta serie le fue aplicada el porcentaje de las importaciones globales estadounidenses que se recibieron en el PAD I en cada año del estudio, con la presunción de que la repartición - del combustible recibido a Venezuela no difirió mucho de la repartición global.

Durante el período 1960 a 1975 Venezuela abasteció las refinerías de Aruba y Curazao en casi su totalidad. Al principio de los años sesenta el Ministerio de Minas e Hidrocarburos, para fines estadísticos, no distinguía para muchos renglones comunes entre las Antillas Holandesas y Venezuela, pues había observado que cualquier exportación de petróleo era estrictamente de origen venezolano. Por consiguiente, la capa que se tiende ahora son las exportaciones antillanas a los Estados Unidos. Para un lapso de cuatro años (1963-1966) no fue posible precisar esta información, y se ha recurrido a una operación aritmética para completar la serie cronológica. En 1962, aproximadamente el 66% del combustible exportado por las Antillas se dirigió

.../...

T A B L A N º 3

EL COMBUSTIBLE PESADO VENEZOLANO EN LA COSTA DE EE.UU., 1960 - 1975
(en millones de barriles salvo indicación contraria)

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
1. Venezuela: Prod. de Pt. crudo.	1042	1066	1168	1186	1242	1268	1230	1293	1319	1312	1353	1295	1178	1229	1086	856
2. Venezuela: Export. de pet. y productos.	983	1009	1102	1122	1176	1187	1161	1227	1233	1245	1266	1198	1122	1150	1004	761
3. Venezuela: % de comb. - pes. en paqt. de expt.	23	21	21	21	23	25	26	27	26	29	31	30	30	33	33	26
4. PAD I: Comb. pes. de o rígen venezolano.	228	215	227	241	272	293	305	328	316	357	390	361	333	302	333	200
5. PAD I: Comb. pes. refina do de crudos venez. (est.).	14	13	14	15	14	13	14	13	14	12	12	12	11	15	11	12
6. Venezuela: Export. de pet. crudo a EE.UU.	178	157	181	176	166	170	157	169	151	152	152	192	141	182	137	148
7. PAD I: Import. de comb. pes. de PR y Trinidad (est.).	20	21	21	23	28	30	34	39	41	41	35	31	29	28	13	13
8. Venezuela: Export. de pet. crudo a PR y Trinidad.	55	57	59	65	78	84	95	108	115	114	96	86	80	78	36	35
9. PAD I: Import. de comb. pes. de Antillas (est.).	88	79	84	92	94	93	86	103	107	123	136	108	90	132	130	96
10. Antillas: Export. de comb. pes. a EE.UU.	98	93	93	100	101	101	91	106	111	129	142	111	93	139	140	103
11. PAD I: Import. de comb. pes. de Venezuela (est.).	106	102	108	111	136	157	171	173	154	181	207	210	203	207	179	79
12. EE.UU.: % de import. de comb. pes. al PAD I.	90	85	90	92	93	92	95	97	96	96	96	97	97	95	93	93
13. Venezuela: Export. de comb. pes. a EE.UU.	116	120	123	121	146	171	180	178	160	190	216	216	209	218	193	85

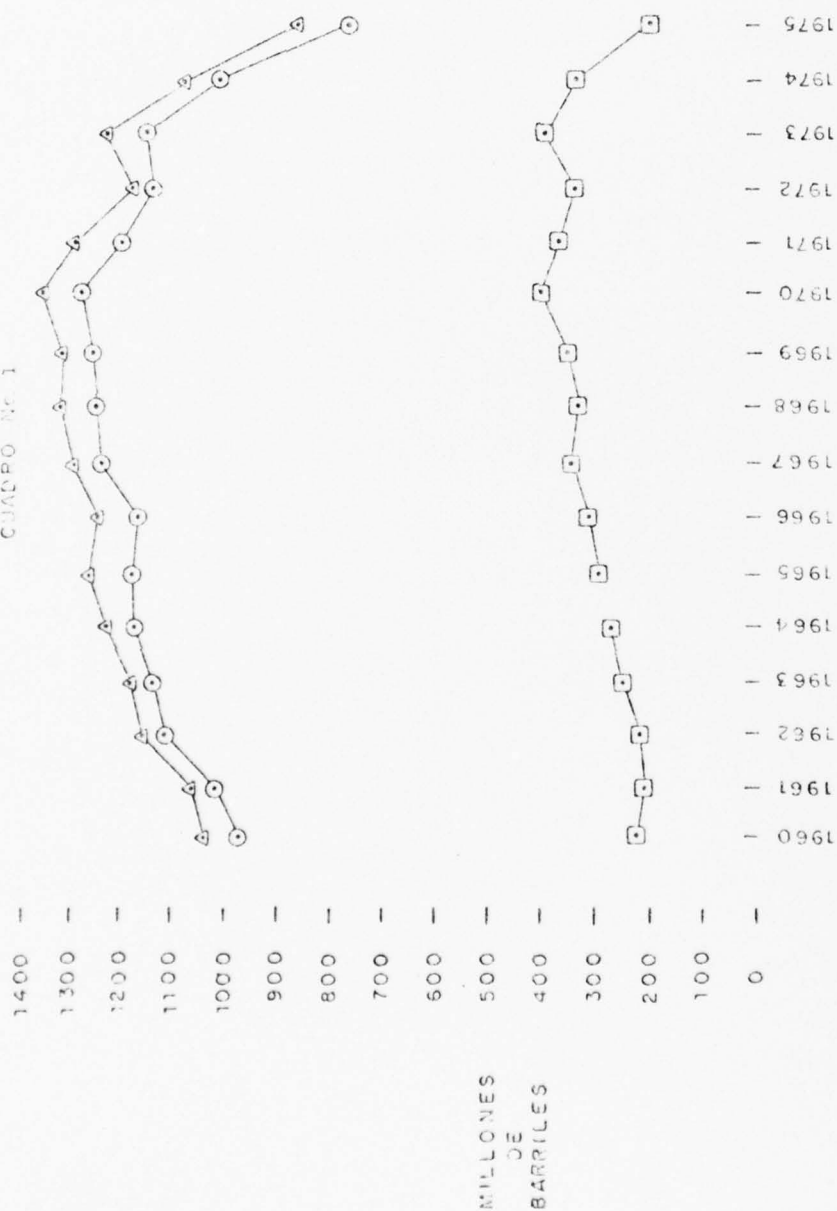
F U E N T E S:

- 1.- **Petróleo y Otros Datos Estadísticos (PODE)**, Ministerio de Minas e Hidrocarburos.
- 2.- PODE.
- 3.- $(4)/(2) \times 100$
- 4.- $(5) + (7) + (9) + (11)$
- 5.- $(6) \times 0.08$
- 6.- PODE.
- 7.- $(8) \times 0.18$
- 8.- PODE.
- 9.- $(10) \times (12)$
- 10.- F.T. 135, U.S. Imports; U.N. Yearbook of International Trade Statistics .
- 11.- $(13) \times (12)$
- 12.- Mineral Industry Surveys, 1970-1975; EE.UU., Estadísticas de las - Principales Actividades Petroleras, MMH, 1960-1969.
- 13.- PODE; Petroleum Research Foundation.

..../...

EL COMBUSTIBLE PESADO VENEZOLANO EN LAS COSTA ESTE EE UU, 1960-1975

CUADRO No. 1



FUENTES: TABLA No. 3

Δ 1. VENEZUELA:

○ 2. VENEZUELA:

□ 4 PAD I:

PRODUCCION DE PETROLEO CRUDO

EXPORTACION DE PETROLEO Y PRODUCTOS

CONSUMO DE COMBUSTIBLE PESADO DE ORIGEN VENEZOLANO

a Estados Unidos; en 1967 alcanzó el 75%. El promedio, un 70.5%, ha sido aplicado a la serie de exportaciones de combustible pesado de las Antillas Holandesas para el lapso referido. A esta serie se le hizo la misma presunción que antes, con respecto al porcentaje dirigido al PAD I.

Las capas que siguen son más teóricas aún, pero vale la pena señalarlas para la mejor comprensión de este nexos. El Crudo Venezolano, en grandes volúmenes, iba durante estos años a refinerías estadounidenses, y a las refinerías de Trinidad y Puerto Rico, todas, a su vez, importantes fuentes de combustible pesado consumido en el PAD I. Se suponen rendimientos del 60% para las refinerías isleñas¹⁴ con envíos de un 60% al mercado de la Costa Oriental. El crudo procesado en Estados Unidos rinde mucho menos combustible pesado, y se estimó en un 8%. En la mayor parte del período los rendimientos fueron mayores en el PAD I, pero no todo el crudo venezolano se procesaba dentro del distrito, y se espera que los errores se anulen. En todo caso la cifra no es grande, comparada con los envíos del combustible pesado directamente desde Venezuela y las Antillas Holandesas.

La suma vertical de estas capas es una aproximación del volumen del combustible pesado de origen venezolano consumido en el PAD I. Este volumen oscila alrededor del 25% del volumen de las exportaciones venezolanas. La proporción del combustible pesado en el paquete de exportaciones hace inevitable el considerar este producto como un verdadero coproducto de la refinación, el más importante, sobre cuya actuación en el mercado dependen los otros procesos, y, desde luego, el aporte del capital de desarrollo.

2.6.2 El Aspecto de la Costa Oriental.

La otra cara de la moneda son las importaciones observadas en la Costa Oriental, y su figuración en la composición de la oferta. La importancia de las importaciones es sorprendente, yendo desde un 66% en -

¹⁴

Memoria y Cuenta: Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Caracas, Venezuela: 1973

T A B L A N º 4

COMPOSICION DE LA OFERTA DE COMBUSTIBLE PESADO EN LA COSTA ESTE, 1960-1975
(en millones de barriles salvo indicación contraria)

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
1. Producción local	55	54	53	40	37	32	35	36	36	38	35	37	37	52	56	68
2. Proveniente de la Costa Occidental y Medio Oeste	6	5	5	7	2	0	0	0	0	0	1	1	0	1	3	4
3. Proveniente de la Costa del Golfo	50	47	39	32	31	32	31	30	35	27	28	32	30	17	36	55
4. Importaciones desde el extranjero.	211	206	238	253	274	319	358	383	393	441	537	558	615	639	539	416
5. Total	322	312	335	332	349	385	424	449	464	506	601	628	682	709	634	543
6. Importaciones como % del total.	66	65	71	76	79	83	84	85	85	87	89	89	90	90	85	77
7. Combustible Pesado de Origen Vnzlno. (est.)	228	215	227	241	272	293	305	328	328	357	390	361	333	342	333	209
8. Combustible Pesado venezolano como % del Total.	71	69	68	73	78	76	72	73	68	71	65	57	49	64	53	37

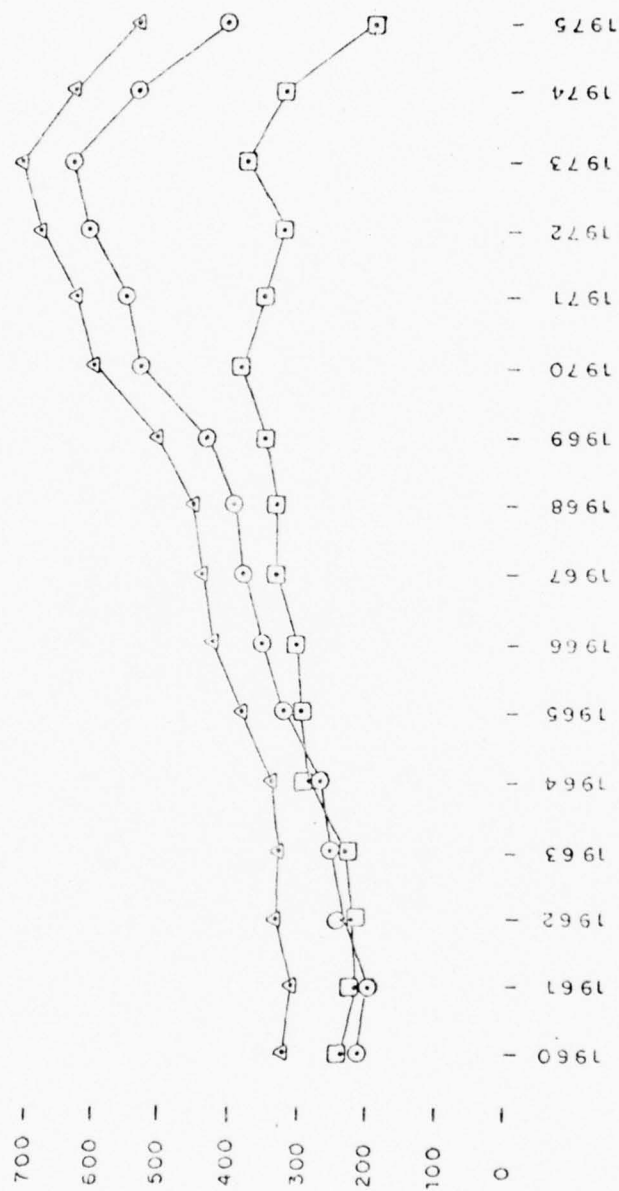
FUENTE: (1) a (5): Mineral Industry Surveys; EE.UU., Estadísticas de las Principales Actividades Petroleras, MPM, 1974

(7) : TABLA N º 3

(6) y (8): Cálculos propios.

CUADRO No. 2

COMPOSICION DE LA OFERTA DE COMBUSTIBLE PESADO EN LA
COSTA ESTE 1960-1975



FUENTE: TABLA No. 4

Δ 5 TOTAL OFERTA

○ 4 IMPORTACIONES DESDE EL EXTRANJERO

◻ 7 COMBUSTIBLE PESADO DE ORIGEN VENEZOLANO (est.)

1960 hacia su punto máximo antes de la crisis petrolera que se manifestó a fines de 1973. Es interesante comparar la suma algo teórica de los combustibles de origen venezolano al mismo total de la oferta en el PAD I. - La participación venezolana se mantuvo en las dos terceras partes hasta después del año máximo de la producción venezolana. La baja subsiguiente ciertamente se debe en parte a la política de conservación practicada en Venezuela que imposibilitó la misma participación porcentual que antes. La fuerte reducción del volumen de 1975 podría haber tenido sus raíces en las preferencias otorgadas a la refinería de la Hess en las Islas Vírgenes.¹⁵

Aunque existe una dependencia en el sentido de que Venezuela ha de - colocar su combustible pesado, la dependencia constatada por este cuadro en el sentido contrario es más dramática todavía. La política venezolana destinada a proyectarse como una fuente segura de este producto responde bien a la - necesidad de calmar las dudas que una dependencia tal debe de crear.

15

De inmediato se observan otras posibles causas. La producción local aumentó. En un año de recesión, baja la demanda no solamente en el PAD I, sino también en el PAD II, la Costa del Golfo, liberando así combustible pesado más competitivo por haberse originado de petróleo crudo doméstico cuyo precio era controlado. Por lo tanto se aumentaron los envíos desde la Costa del Golfo y otros distritos domésticos. Entre 1973 y 1975 la oferta bajó en un 23% aproximadamente, mientras las importaciones bajaron en un 35%, una clara manifestación de lo anteriormente expuesto. Lo que no se explica tan fácilmente es por qué los envíos de las Antillas Holandesas bajaron únicamente en un 26% cuando los venezolanos cayeron en un 62%, ambos sujetos a la misma reglamentación discriminatoria. Cabe preguntarse si la diferencia se debió a un tímido esfuerzo de mercadeo por las compañías en su jornada final u otras causas más obvias. Este tema, aunque de amplias posibilidades, queda fuera del alcance de este estudio.

CAPITULO III

DESARROLLO DEL PROBLEMA

3.1 Macrocaracterísticas del Mercado.

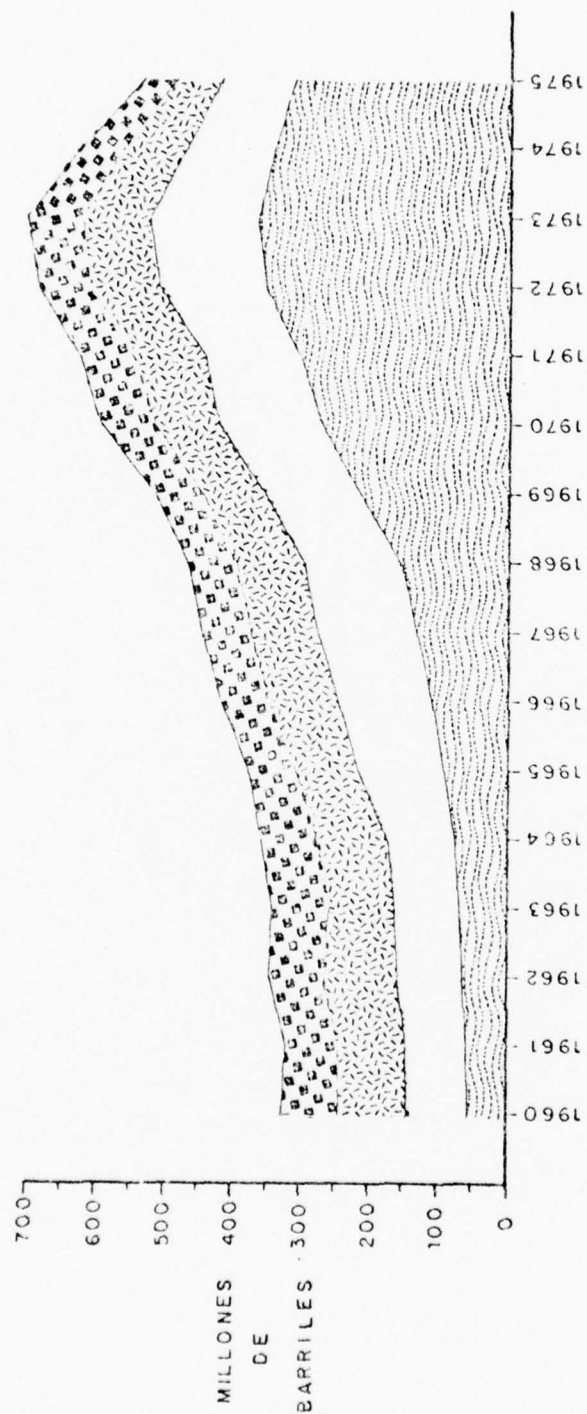
El fundamento de la mayor parte del análisis que sigue son las estadísticas del Buró de Minas presentadas en los Mineral Industry Surveys, principalmente el llamado Fuel Oil Sales, Annual. Las estadísticas en cuanto a las ventas del combustible pesado están divididas según la clase de uso o usuario. Los renglones son: plantas termoeléctricas, calefacción, uso industrial, uso por las petroleras, uso militar, uso como combustible de embarcaciones y buques y usos misceláneos. Para simplificar el presente análisis, los usos de menor volumen están presentados conjuntamente con los usos misceláneos. En seguida se puede apreciar la importancia relativa de cada renglón dentro del consumo total del combustible pesado en el PAD I durante el período 1960 a 1975.

TABLA N° 5
VENTAS DEL COMBUSTIBLE PESADO SEGUN CLASE DE USO EN EL
PAD I, 1960 - 1975
(millones de barriles)

Plantas	Plantas Termoeléctricas	Calefacción	Uso Industrial	Miscel.	Total
1960	55	89	100	78	322
1961	53	89	100	73	320
1962	64	93	105	82	344
1963	69	92	98	81	340
1964	76	95	105	80	356
1965	91	124	92	72	379
1966	110	138	95	74	417
1967	132	145	94	74	445
1968	155	143	94	73	465
1969	214	142	89	67	512
1970	271	151	96	79	597
1971	302	152	94	78	626
.../...					

CUADRO No. 3

VENTAS DEL COMBUSTIBLE PESADO SEGUN CLASE DE USO
EN EL PADI, 1960-1975
(MILLONES DE BARRILES)



FUENTE: TABLE No. 5

- USOS MISCELANEOS
- USO INDUSTRIAL
- CALEFACCION
- PLANTAS TERMoeLECTRICAS

1972	355	156	99	77	687
1973	369	157	102	80	708
1974	344	128	91	65	628
1975	313	108	66	52	539

FUENTE: Mineral Industry Surveys, Fuel Oil Sales, Annual.

3.1.1 Usos Misceláneos del Combustible Pesado.

En este renglón se encuentran algunos usos tradicionales del combustible pesado, principalmente el combustible pesado quemado como - combustible en las refinerías del distrito, el utilizado como "bunker", o combustible de embarcaciones y buques, el utilizado por las fuerzas armadas, y otros usos diversos no identificables. Este componente se ha mantenido relativamente estático durante el período. Su peso relativo al consumo total, sin embargo, bajó del 24% en 1960 a menos del 10% en 1975. Todavía estos usos misceláneos constituyen un pedazo importante del mercado, pero han sido superados por otros.

3.1.2 Uso Industrial del Combustible Pesado.

El combustible pesado en este renglón es empleado en la generación de vapor para procesos industriales y para la generación de electricidad en plantas privadas.

Visto entre 1960 y 1975, el consumo industrial también - se ha mantenido constante, con altibajos que, probablemente corresponden al ciclo económico en general. Es importante en este sentido observar los componentes de este renglón que corresponden a la Región Noreste y a la División del Atlántico Sur separadamente. En la Tabla N° 6 se puede apreciar lo que se discutía anteriormente respecto al movimiento del norte al sur de la capacidad industrial. El renglón en sí se mantuvo constante, mientras los - componentes se comportaron dinámicamente. Tomando solamente el período de 1960 a 1973, el consumo industrial noreste bajó a razón de 1.6% anual, mien

.../...

tras el consumo del Atlántico Sur subió al 1.8% anual, aproximadamente .

TABLA Nº 6			
VENTAS DEL COMBUSTIBLE PESADO PARA EL USO INDUSTRIAL EN EL PAD I Y DIVISIONES, 1960 - 1975			
(millones de barriles)			
AÑO	Región Noreste (Nueva Inglaterra y Atlántico Medio)	División del Atlántico - Sur	T o t a l
1960	64.7	35.0	99.7
1961	69.7	30.2	99.9
1962	74.9	29.9	104.8
1963	69.0	28.9	97.9
1964	74.0	31.0	105.0
1965	59.4	33.1	92.5
1966	67.4	27.7	95.1
1967	70.0	22.9	93.9
1968	70.8	23.6	94.4
1969	64.6	23.9	88.5
1970	68.7	27.2	95.9
1971	57.3	37.1	94.4
1972	54.9	44.3	99.2
1973	56.8	44.9	101.7
1974	51.6	39.7	91.3
1975	35.4	30.3	65.7

FUENTE: Mineral Industry Surveys, Fuel Oil Sales, Annual.

..../...

Seguidamente se puede apreciar la capacidad industrial para la generación de electricidad en el PAD I.

Es importante recordar que la capacidad termoeléctrica se pone a trabajar mediante la quema de los tres combustibles: el carbón, el gas natural, y el combustible pesado. La planta termoeléctrica promedio del PAD I tenía una capacidad de alrededor de 23 megavatios, pero era mayor en la División del Atlántico Sur conforme a lo anteriormente expuesto.

TABLA N° 7
PLANTAS ELECTRICAS INDUSTRIALES EN EL PAD I Y DIVISIONES
31 de Diciembre de 1975 y 1976

	Termoelectricidad				Total			
	Capacidad		N° de		Capacidad		N° de	
	(Mw)		Plantas		(Mw)		Plantas	
	1975	1976	1975	1976	1975	1976	1975	1976
Región No- reste.	2562	2565	132	139	2990	2921	191	188
División del Atlántico Sur	2596	2573	90	87	2762	2736	123	118
PAD I	5158	5138	222	217	5682	5657	314	306

FUENTE: Federal Power Commission News Release N° 23024.

3.1.3 Uso del Combustible Pesado para la Calefacción

El combustible pesado de este renglón es quemado para generar vapor de calefacción. Se observará en adelante el consumo del PAD I dividido en sus dos componentes. Lo que resalta, entre otras observaciones, es el alto porcentaje consumido en la Región Noreste. Además, en la misma

.../...

región se observa el brinco que dio el consumo desde 1964 a 1965 coincidente con el invierno bruto que comenzó a fines de 1964. Con la relajación de las cuotas para reponer las existencias, y con el eventual levantamiento de éstas, el consumo para la calefacción pareció haber logrado un nuevo plano. La tendencia secular, entre 1960 y 1964 en la Región Noroeste, no es mucho menor que la del período 1966 a 1973; simplemente la curva se desplazó arriba. Cabe preguntar si la baja en 1975 representa una vuelta a la tendencia y nivel manifestados entre 1960 y 1964 o, bien, si la tendencia de 1966 a 1973 es más que una simple anomalía.

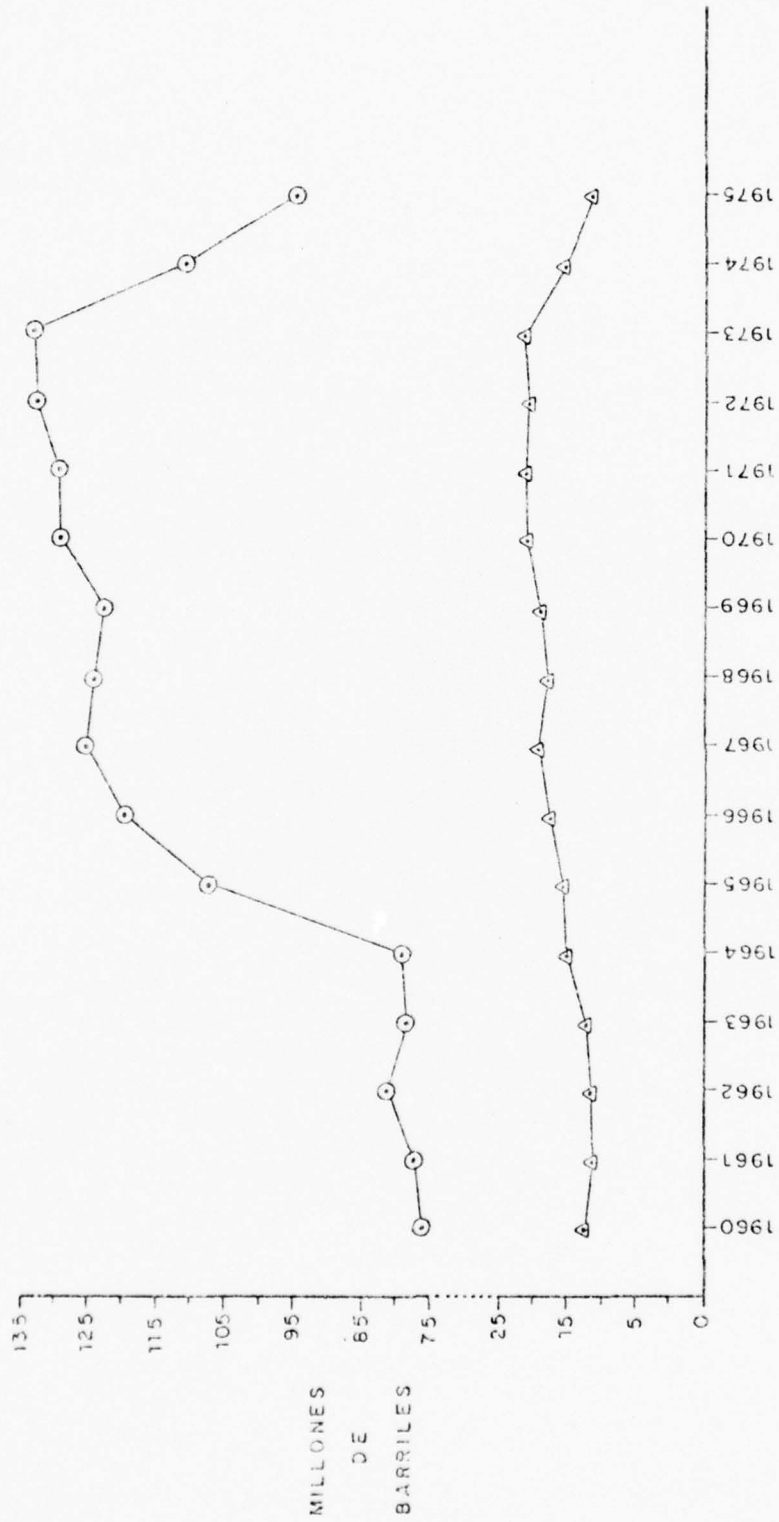
TABLA Nº 8
VENTAS DEL COMBUSTIBLE PESADO PARA LA CALEFACCION EN EL PAD I
Y DIVISIONES, 1960-1975
(millones de barriles)

AÑO	Región Noreste (Nueva Inglaterra y Atlántico Medio)	División del Atlántico Sur	T o t a l
1960	76.3	12.9	89.2
1961	77.3	11.5	88.8
1962	81.6	11.7	93.3
1963	78.8	13.4	92.2
1964	79.7	15.5	95.2
1965	107.8	16.0	123.8
1966	120.0	18.0	138.0
1967	125.2	19.6	144.8
1968	124.2	18.4	142.6
1969	123.1	19.4	142.5
1970	129.6	21.4	151.0
1971	130.0	22.0	152.0
1972	134.2	21.4	155.6
1973	134.7	22.2	156.9
1974	111.8	16.5	128.3
1975	95.4	12.2	107.6

FUENTE: Mineral Industry Surveys, Fuel Oil Sales, Annual.

.../...

CUADRO No 4
VENTAS DEL COMBUSTIBLE PESADO PARA LA CALEFACCION
EN LAS DIVISIONES DEL PADI 1960-1975



FUENTE: TABLA No. 8

VENTAS DE LA REGION NORESTE: ○

VENTAS DE LA DIVISION DEL ATLANTICO SUR: △

El consumo para la calefacción en la División del Atlántico - Sur no muestra irregularidades.

Obviamente, el consumo per cápita para la calefacción del combustible pesado es más alto en la región norteña que en la división sur. En 1975 el consumo per cápita en el norte se situó en dos barriles anuales, mientras que, en el sur, fue menos de medio barril.

Ello responde a un fenómeno ya discutido, la variación climática. Al plantear este problema en función del año calendario se suprimen algunos efectos perturbadores de los inviernos que varían, en lo que se refiere a su severidad, de año en año. El invierno severo ocurre, más bien, al azar, y muy remotamente vienen dos consecutivamente. Los meses más duros son, generalmente, diciembre, enero y febrero; y, con frecuencia, la expectativa de un invierno crudo conlleva la acumulación de existencias con anticipación al primero de enero del año entrante. Por lo tanto, las ventas de un invierno particularmente severo se reparten entre los dos años calendarios. Es decir, la distorsión resulta amortiguada, pero, ciertamente, no es eliminada. En todo caso, la inclusión de una variable climática no sería consistente con el objetivo de este estudio, el cual es la proyección de la demanda en el futuro. Para hacer proyecciones, hay que extender hacia el futuro la tendencia secular, lo que presume temperaturas normales. De ahí es posible, por supuesto, abrir el estudio a planteamientos como, ¿cuál sería la demanda de ocurrir el invierno más fuerte o menos fuerte de los últimos treinta años?.

A título de ilustración se presenta un cuadro de la demanda diaria del combustible pesado en cada trimestre del período 1970 a 1976 en el PAD I. Típicamente, pues, el consumo más elevado es en el primer trimestre. El segundo y el tercero son parecidos, y el cuarto está en un punto intermedio. En el cálculo de estas cifras se han suprimido los cambios de existencias; es decir, se trata de la demanda en cada trimestre. Una muestra de la

.../...

temperatura media en tres ciudades de la región correspondiente a cada - trimestre revela la similitud esperada . La única diferencia es sólo aparente. En el tercer trimestre la desviación hacia arriba de la temperatu-

TABLA N° 9
DEMANDA TRIMESTRAL DEL COMBUSTIBLE PESADO EN EL PAD I
(miles de barriles diarios)

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Promd. Trimest.	Desviac. Trim.del Promd.Anual
1er.Trimestre	2129	1950	2097	2258	1921	1748	1789	1984	291
2° Trimestre	1433	1609	1722	1752	1558	1247	1247	1535	- 158
3er.Trimestre	1401	1438	1711	1783	1583	1360	1527	1544	- 149
4° Trimestre	1585	1556	1973	1897	1755	1487	1709 ^a	1709	16
Promedio Anual									
a estimado	1637	1638	1876	1923	1706	1461	1613	1693	

FUENTE: Mineral Industry Surveys, Supply, Demand and Stocks of all Oils by PAD Districts; cálculos propios.

TABLA N° 10
TEMPERATURA MEDIA TRIMESTRAL EN TRES CIUDADES
DEL PAD I (1964-1970)
(grados fahrenheit)

	Portland Maine	Atlantic City New Jersey	Baltimore Maryland	Promedio Trimest.	Desviación Trimestral Promd.Anual
1er.Trimestre	25.4	35.9	37.0	32.8	- 16.8
2° Trimestre	52.5	61.2	53.3	55.7	6.1
3er.Trimestre	54.4	71.9	73.3	66.5	16.9
4° Trimestre	37.8	45.9	46.3	43.3	- 6.3
Promedio Anual	42.5	53.7	52.5	49.6	

FUENTE: Statistical Abstract of the U.S.A.; cálculos propios

.../...

tura no está acompañada por una disminución adicional del consumo. Esta aparente anomalía se explica por el hecho de que ya, al llegar la temperatura media diaria a los 60 grados fahrenheit, los hogares han sido puestos a descansar para el verano, y no es posible rebajar su consumo aún más. La variación estacional del consumo, pues, es una función inversa de la temperatura. Es discontinua esta función, siendo inelástica a temperaturas altas y elástica a temperaturas bajas.

3.1.4 Uso del Combustible Pesado en las Plantas Termoeléctricas.

El combustible pesado vendido en este renglón es quemado para producir vapor que luego acciona dinamos generadores de electricidad. - Seguidamente se puede apreciar los dos componentes de este renglón.

TABLA Nº 11
VENTAS DEL COMBUSTIBLE PESADO PARA USO EN PLANTAS TERMoeLECTRICAS
EN EL PAD I Y DIVISIONES, 1960-1975
(millones de barriles)

AÑO	Región Noreste (Nueva Inglaterra y Atlántico Medio)	División de Atlántico Sur	T o t a l
1960	42.0	13.0	55.0
1961	42.4	15.8	58.8
1962	46.0	17.7	63.7
1963	48.9	20.7	69.6
1964	52.0	23.6	75.6
1965	62.2	28.6	90.8
1966	79.3	31.0	110.3
1967	100.1	31.4	131.5
1968	117.2	37.8	155.0
1969	158.0	56.5	214.5
1970	191.4	79.6	271.0

..../...

1971	205.3	96.5	301.8
1972	225.8	128.7	354.5
1973	223.6	145.4	369.0
1974	202.6	141.0	343.6
1975	188.1	124.5	312.6

FUENTE: Mineral Industry Surveys, Fuel Oil Sales, Annual.

Obviamente, este es el renglón más dinámico entre los mencionados. El crecimiento en todo el PAD I, ha sido del 10.9% anual entre 1960 y 1975. La misma tasa en el Sur fue 14.1%; en el Norte fue 9.4%. Estas tasas, sin embargo, son engañosas. La inutilización de capacidad en 1974 disfraza el crecimiento real de la capacidad termoeléctrica capaz de quemar el combustible pesado. La misma tasa para el período 1960-1973 en el Sur fue un 17.2%, mientras que en el Norte fue un 11.9%. Este incremento exponencial, interanual, es nada menos que asombroso.

El cuadro siguiente presenta la capacidad termoeléctrica instalada según la fuerza motor y el número de plantas de cada categoría al final del período estudiado.

TABLA Nº 12
PLANTAS ELECTRICAS EN EL PAD I Y DIVISIONES SEGUN LA FUERZA MOTOR
(31 de diciembre de 1976)

	Hidráulica	Termoelec. Convenc.	Termoelec. Nuclear.	Turbina a Gas	Combust. Interna	Total
	Capacidad en Megavatios (Número de Plantas)					
Región	9709	56370	13234	13222	492	93026
Noreste	(264)	(136)	(16)	(134)	(86)	(636)
División	6449	69431	10011	10779	372	97042
Atlántico Sur	(131)	(132)	(8)	(91)	(42)	(404)
PAD I	16153	125801	23245	24001	864	190068
	(395)	(263)	(24)	(225)	(123)	(1040)

FUENTE: Federal Power Commission, News Release 23017

.......

De aquí es importante desglosar la categoría termoeléctrica convencional para ver cómo el combustible pesado se defendió de sus competidores dentro y fuera de la categoría durante el período.

TABLA N° 13
GENERACION ELECTRICA EN EL PAD I SEGUN LA FUERZA MOTOR
(en porcentaje salvo indicación contraria)

	1960	1964	1967	1970	1973	1976
Generación por carbón	66.0	67.4	64.6	50.8	46.2	45.7
Generación por combustible pesado	11.5	12.9	17.9	29.8	34.2	29.2
Generación Hidroeléctrica	13.5	12.3	10.8	8.3	8.5	7.5
Generación por gas natural	9.0	6.8	5.7	8.6	4.6	2.0
Generación Nuclear	---	0.6	1.0	2.5	6.5	15.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Generación Total (Millones de Megavatios-hora)	245	325	407	520	650	694

FUENTE: Anuarios del Edison Electric Institute; Publicaciones de la Federal Power Commission.

La participación del carbón sufrió un descenso notable desde 1964 y, entre 1973 y 1976, se ha mantenido estable. La del combustible pesado creció fuertemente hasta 1973. La hidroelectricidad, en términos absolutos, se ha mantenido estable, pero, ante el crecimiento general de la generación eléctrica, su participación ha bajado. La generación por el gas natural ya no es un factor de importancia. Al contrario, la generación de la nucleoelectricidad se caracterizó por el mismo dinamismo del combustible pesado y, a diferencia de éste, siguió creciendo después del embargo petrolero.

En vista de los resultados del análisis comparativo, se consideró o-
.../...

portuno resumir los planes de construcción en los próximos diez años en esta industria. Se decidió contrastar, principalmente, la capacidad a base del combustible pesado y la capacidad nuclear para las cuales existen planes. En el renglón del combustible pesado está incluida la capacidad a base del gas natural a ser instalada, pero se presume despreciable el monto de ésta.

TABLA N° 14
CAPACIDAD ELECTRICA NUEVA EN EL PAD I SEGUN FUERZA MOTOR Y AÑO
DE INAUGURACION
(megavatios)

AÑO	Nucleo-electricidad	Combustible pesado	T o t a l
1977	4392	2950	11311
1978	2904	600	6810
1979	5140	850	10424
1980	3948	1510	10420
1981	6884	0	8135
1982	8991	0	11787
1983	7838	700	10718
1984	8738	0	11038
1985	4758	350	7328

FUENTE: Steam Electric Plant Factors, 1975, National Coal Association, Washington.

La construcción total de capacidad nueva, según las previsiones, debe llegar a 87971 megavatios. La construcción de la capacidad nuclear está prevista para 53593 megavatios, o sea, el 61% del total. La nueva capacidad a base del combustible pesado será 7460 megavatios, tan sólo el 8% del total.

La construcción total prevista de plantas eléctricas entre 1977 y 1985 representa un aumento de la capacidad instalada de un 46.3% en nueve años, sin que se tome en cuenta la obsolescencia de capacidad. La tasa de

.../...

crecimiento interanual correspondiente es un 4,2 %. Esta tasa es mucho menor que la observada entre 1960 y 1976. Sin embargo, es representativa del crecimiento observado entre 1974 y 1976 y, por lo tanto, puede reflejar unas expectativas menores en cuanto a la demanda. En todo caso existe una preocupación oficial en cuanto a la suficiencia de la energía eléctrica en la próxima década.¹.

La capacidad total prevista en los próximos años es un tema al margen de este trabajo, pero el cambio observado en la mezcla de plantas es de agudo interés. La capacidad nuclear en 1976 era 23245 megavatios. El aumento previsto es 53593 megavatios, o sea un salto del 231% en nueve años. La tasa exponencial interanual sería un 13.3%, y, aunque parezca alta, esta tasa es parecida a la tasa de crecimiento observada para el combustible pesado consumido en este renglón entre 1960 y 1973.

Por otro lado, la capacidad a base del combustible pesado deberá crecer un 13% en nueve años, lo que sería una tasa interanual del 1.4%, probablemente insuficiente para reponer la capacidad retirada por obsolescencia.

Respecto al carbón, que es el componente de la capacidad planeada no enumerado, deberá crecer en un 30.4% en los nueve años, lo que representa una tasa interanual del 2.9%.

Todo lo anterior es muy especulativo, pero es representativo de lo que los inversionistas están pensando, en este momento, con respecto a la capacidad eléctrica futura. La mezcla de 1985, dadas las expectativas en los próximos años y sin tomar en cuenta la obsolescencia, debería ser: el carbón, 43.1%; la nucleo-electricidad, 26.3%; el combustible pesado, 24.1%, y otros (El gas natural y la electricidad hidráulica, se supone, no crecerán en términos absolutos), 6.5%. Esto quiere decir que la nucleo-electricidad habrá

¹ Véase Technical Advisory Committee on the Impact of Inadequate Electric Power Supply, Federal Power Commission

desplazado a la electricidad a base del combustible pesado para 1985, pero la capacidad a base del combustible pesado se habrá mantenido más o menos estable en términos absolutos.

Ya se ha discutido la ubicación geográfica de las plantas termoeléctricas que queman el combustible pesado. Están donde existe el acceso acuático. Es una coincidencia, quizás que se instalen las plantas nucleares en la misma zona, pero por razones distintas. La planta nuclear requiere de un enfriamiento continuo. Al nivel intuitivo se llegó a esta premisa y, para demostrarla, se hizo un resumen de las plantas nucleares del PAD I, ya en marcha y bajo construcción, señalando las que coinciden con el mercado principal del combustible pesado. Es decir, están indicadas las que gozan del acceso acuático desde la costa del Atlántico. La zona, se recordará, es llamada los llanos costaneros. Empíricamente, queda demostrada la premisa. Aproximadamente el 70% de la capacidad nuclear existe en el mercado principal del combustible pesado.

TABLA Nº 15
LAS PLANTAS NUCLEARES DEL PAD I
(hasta el 31 de junio de 1976)

Estado	Nombre	Capacidad	Acceso Acuático por:
Maine	Wiscasset	830.0	Rio Atlantic
Vermont	Vernon	563.4	---
Massachusetts	Rowe	185.0	---
	Pilgrim	655.4	Bahía Cape Cod
Connecticut	Haddam Neck	600.3	Rio Connecticut
	Millstone #1	1571.5	Ensenada de Long Island
	Millstone #2	1150.0	Ensenada de Long Island

..../...

New York	Nine Mile Point #1	641.7	---
	Nine Mile Point #2	1100.0	---
	Station # 13	517.1	---
	Fitzpatrick	383.0*	---
	Shoreham	849.0	Ensenada de Long Island
Maryland	Calvert Cliffs #1	918.0	Bahía Chesapeake
	Calvert Cliffs #2	900.0	Bahía Chesapeake
Pennsylvania	Shippingport	100.0	---
	Peach Bottom	2304.0	Rio Susquehanna
	Three Mile Island #1	871.0	Rio Susquehanna
	Three Mile Island #2	927.0	Rio Susquehanna
	Beaver Valley #1	851.0*	---
	Beaver Valley #2	923.0*	---
	Susquehanna	2100.0*	Rio Susquehanna
	Limerick	2196.0*	Rio Schuylkill
	Oyster Creek	550.0	Vía acuática tierra adentro (VATA)
New Jersey	Salem	2135.0*	Rio Delaware
	Forked Creek	1228.0*	VATA
	Hope Creek	2134.0*	Rio Delaware
	Surry # 1	1718.0	Rio James
Virginia	Surry # 2	1695.0	Rio James
	North Anna	3610.0*	Rio North Anna
N. Carolina	Brunswick # 1	867.0	Costa Atlántica
	Brunswick # 2	867.0*	Costa Atlántica
	McGuire	2440.0*	---
S. Carolina	Harris, S.	3804.0*	Rio Cape Fear
	Perkins	3840.0*	---
	Robinson, H.B.	768.7	Rio Pedee
	Oconee	2655.0	---
	Summer	1854.0*	---
	Catawba	2410.0*	---
	Cherokee	3840.0*	---

.../...

Georgia	Hatch # 1	850.0	Rio Altamaha
	Hatch # 2	850.0*	Rio Altamaha
	Wallace	2430.0*	Rio Savannah
Florida	Crystal River	860.4*	Golfo de México
	Turkey Point	1519.9	Bahía Biscayne
	St. Lucie	1700.0*	Costa Atlántica
	South Dade	1300.0*	Costa Atlántica
TOTAL		69919.4	
Total con acceso acuático		49556.2	

* bajo construcción FUENTE: Principal Electric Facilities, Northeastern and Southeastern Regions, FPC.

3.2 Factores No Cuantificables.

Se van a resumir brevemente los factores que pudieran haber influido sobre la demanda del combustible pesado, pero, que son difícilmente adaptables al análisis numérico.

3.2.1 El Programa de las Cuotas.

El programa de cuotas existente entre 1959 y 1966 podría haber restringido la demanda del combustible a un nivel que se habría superado de no existir la restricción volumétrica. Hay que recordar, sin embargo, que la cuota fue liberalizada varias veces como respuesta a la demanda cada vez mayor. La flexibilidad del programa ciertamente influyó para que la demanda no se reprimiese mucho. Durante el lapso del programa de las cuotas con respecto al combustible pesado, (entre 1959 y 1966) el crecimiento de la demanda fue un 3.2% interanual. Entre 1966 y 1975, el período sin restricciones volumétricas, la demanda creció en un 2.8% interanual, una tasa menor. Si el programa hubiera constituido una traba

.../...

verdadera, se esperaría un crecimiento mayor simultáneamente con el levantamiento de la restricción. No fue así, y, por lo tanto, la omisión de una variable que explique el efecto del programa de cuotas no es considerada un defecto serio.

3.2.2 La Defensa del Medio Ambiente.

Este fenómeno ha afectado a todos los combustibles, y es posible que haya golpeado el carbón y la energía nuclear con más dureza - que el combustible pesado. Sería imposible verificar o negar la aseveración.

Un efecto notable a raíz de la defensa del medio ambiente ha sido el mejoramiento observado en el combustible demandado. A partir de 1968 la Aduana estadounidense creó un renglón aparte para los combustibles livianos (los mayores o iguales a 25 grados API). Normalmente existe una relación inversa entre la gravedad API y el contenido de azufre de los componentes que arroja la destilación de petróleo crudo. Lo observado en los renglones es un reflejo, pues, de la calidad demandada por el mercado. Entre 1968 y 1975 se observó un crecimiento desigual. En el renglón 3324020, no hubo cambio. En el renglón 332040, se observó un crecimiento de un 42% interanual.

Ahora bien, lo que interesa para efectos de este estudio no es tanto la clase del combustible ni el contenido de azufre de éste, sino el volumen total demandado. El hecho de que la calidad demandada siga cambiando, por supuesto, es una consideración importante de los refinadores - del Caribe, pero si ellos responden de la manera adecuada, la demanda global no se verá afectada. En el pasado, cuando las disponibilidades de combustibles de bajo contenido de azufre no eran suficientes para que se abasteciera una municipalidad, era modalidad aceptada suavizar el reglamento - temporalmente. Es decir, no se le ponía ninguna traba al crecimiento natural de la demanda.

.... / ...

TABLA N° 16
IMPORTACIONES DEL COMBUSTIBLE PESADO AL AREA
ADUANERA DE EE.UU., 1967-1976
(millones de barriles)

AÑO	Numeral 3324020 Menor de 25°API	Numeral 3324040 Mayor o igual a 25° API	Numeral 3324000 T o t a l
1967	---	---	379
1968	399	8	407
1969	448	14	462
1970	512	26	538
1971	458	36	494
1972	428	47	475
1973	447	100	547
1974	400	100	500
1975	283	79	362
1976	344	61	405

FUENTE: F.T., 135, U.S. Imports, Department of Commerce.

Se cree que la ausencia de esta variable tampoco afectará substancialmente el resultado.

3.2.3 La Energía Nuclear.

Es lamentable la ausencia de una variable que explique la viabilidad de la nucleo-electricidad contra la viabilidad de la planta eléctrica a base del combustible pesado. Intuitivamente, se cree que el desarrollo nuclear influirá negativamente en el desenvolvimiento del mercado del combustible pesado en los años venideros. La elección del combustible pesado o de la energía nuclear debe hacerse en la forma presentada en 2.2.5 . El megavatio-hora de la nucleo-electricidad es relativamente barato con respecto a los gastos en combustible, mientras los costos de capital son relativamente altos. La alternativa más económica, entonces,

.../...

depende del diferencial que exista entre los precios de los dos combustibles, expresados los precios en términos equivalentes. No se pudo compilar una serie cronológica de esta variable. Faltaba saber el costo por megawatio-hora en base a los gastos directos de combustible nuclear para especificar la variable durante el período.

La ausencia puede ser un factor perturbador, y habrá que examinar esta variable para mejor especificar los modelos de estudios posteriores.

CAPITULO IV

ANALISIS ECONOMETRICO

Este capítulo introducirá las series cronológicas y el procedimiento al cual aquéllas se han sometido. Las variables presentadas en serie se dan conforme al estudio esbozado en los capítulos anteriores. Las ventas del combustible pesado en la Costa Oriental sirven como variable endógena o variable dependiente a explicar por el modelo. Las variables de precio corresponden al combustible pesado, al carbón y al gas natural. Mediante las transformaciones de las dos primeras variable de precio se crearon dos adicionales que se introdujeron con el fin de probar la hipótesis planteada en 2.2.5. Se estudiaron dos variables de ingreso y coyuntura. La última variable examinada está vinculada con el modelo planteado, y representa las ventas del combustible pesado expresadas con un año de atraso. Las series cronológicas a que se refiere el texto se encontrarán en el Apéndice A.

El procedimiento empleado es un tanto complicado. En la práctica la econometría necesariamente se adapta a realidad de los datos y, luego, a los avances o contratiempos hallados en el camino hacia la solución del problema. Siempre se plantea un procedimiento específico al comienzo de un problema, habida cuenta del equipo y los programas computacionales. Se espera que el mismo procedimiento sirva sin alteraciones para la solución del problema, pero esto con poca frecuencia se logra en la práctica. Este hecho no presenta ningún inconveniente, salvo en la descripción del proceso. En este trabajo se optó por incluir la descripción del procedimiento en el texto mismo, en lugar de marginarla a un apéndice.

Al final del capítulo se presentarán los resultados del análisis econométrico. Los listados del computador a los cuales se refiere el texto aparecen en el Apéndice B.

4.1 Series Cronológicas

..../...

4.1.1. Las Ventas del Combustible Pesado.

El valor verdadero de la demanda no estaba disponible para todo el período estudiado, excepto, para el lapso entre 1970 y 1975. Sin embargo, la existencia del monto verdadero de la demanda en esa lapso permite verificar que las ventas del combustible pesado constituyen una aproximación muy cercana a la demanda.

La demanda en la región está dada por.

$$D = P + IM - Ex - \Delta I$$

Donde: D, es la demanda; P, la producción local; IM las importaciones extraregionales; Ex, las exportaciones de la región, y ΔI , el cambio de existencia registrado durante el período.

Durante el lapso aludido la demanda fue, en cada año tal como se señala en la tabla siguiente:

TABLA Nº 17			
DEMANDA Y VENTAS DEL COMBUSTIBLE PESADO			
EN EL PAD I, 1970 - 1975			
(en millones de barriles salvo indicación contraria)			
Año	Demanda	Ventas	(D-V)/V
75	546040	538831	1.34%
74	631450	628437	0.48%
73	708100	708412	-0.04%
72	686616	686554	0.01%
71	625975	625857	0.02%
70	597870	596834	0.17%

FUENTE: Mineral Industry Surveys, Supply Demand and Stocks of all Oils by PAD Districts, 1970-1975; Fuel Oil Sales Annual, 1970-1975; cálculos propios.

..../...

Comparada con las ventas, se observa que la diferencia es de un orden despreciable. Con muy poca probabilidad el modelo logra explicar la variable endógena con tanta precisión.

4.1.2 El Precio del Combustible Pesado.

Esta variable tenía que responder a varias exigencias, pero sobre todo, tenía que ser el precio observado dentro del mercado. Puesto que el consumidor mayor era la central termoeléctrica, se eligió, como variable de precio, el precio de costo registrado por esta industria.

Conforme a la discusión aparecida en 2.2.3, para que se hicieran comparaciones valederas entre los precios de combustibles competitivos, era necesario adaptar el precio según el valor calorífico o el rendimiento del combustible. Para este estudio se eligió la adaptación, según el rendimiento en megavatios-hora para el combustible pesado y el carbón, por que se pensaba que, de hacerlo así, el precio representaría mejor el valor del combustible para la central termoeléctrica.

El Edison Electric Institute provee en cada año un precio para los combustibles aptos para las centrales termoeléctricas. Este precio es un promedio del precio de costo para todas las centrales de una región, es decir, es el cociente de los gastos de un combustible entre el volumen consumido. Esta serie de precios ha sido adaptada por una medida del rendimiento del mismo combustible, el llamado "factor del combustible". El factor es el cociente del volumen consumido entre la generación neta de electricidad.

Efectivamente, la variable del precio del combustible pesado está dada por:

$$(\text{Precio por barril}) \times (\text{Factor del Combustible})$$

lo que equivale a:

$$\left(\frac{\text{Gastos en combustible}}{\text{volumen consumido}} \right) \times \left(\frac{\text{volumen consumido}}{\text{generación neta}} \right)$$

..../...

Esta variable que hemos venido denominando "El Precio del Combustible Pesado", para ser más preciso deberíamos denominarla "El Valor del Combustible Pesado Necesario para Producir un Megavatio-hora de electricidad neta".

4.1.3 El Precio del Carbón.

El precio del carbón de este estudio se calcula de la misma forma que la variable anterior. Es importante observar que, de esta manera, se han incluido las fluctuaciones de fletes, de impuestos, etc., y además, que las series de los dos combustibles representan un promedio del precio de entrega en la planta.

Obsérvese, por ejemplo, la baja del precio del carbón entre 1963 y 1965 . Esta baja sucedió a pesar de aumentos del precio en la mina, y se debió a cambios en las modalidades de transporte. A partir de abril de - 1963 se les concedían descuentos sobre el transporte a los compradores de - grandes volúmenes por la introducción del "tren completo". El "tren completo" permite una entrega más rápida de un cargamento consignado a un sólo compra - dor.

Las dos series de precios son totalmente compatibles en cuanto a fuente y metodología empleada en su recolección. Esta variable, de la misma forma, podría llamarse "El Valor del Carbón necesario para producir un Megavatio-hora de electricidad neta".

4.1.4 El Ingreso Personal per cápita.

Esta serie cronológica, en la forma que se utiliza, es un reflejo del ingreso de la región en dólares constantes, y, en general, de la coyuntura económica. La información es consistente en cuanto a su fuente, y la única duda que pudiera existir con respecto a su confiabilidad se refiere al índice de precios empleados para deflactar la serie. Se utilizó el índice de precios al consumidor.

.../...

4.1.5. El Empleo en la Industria Manufacturera.

Esta serie debe ser un indicio de la coyuntura económica. Es generalmente acordado que el empleo en este renglón es mucho más sensible a los ciclos económicos. El ingreso en cambio pasa por los ciclos económicos de una manera amortiguada, en gran medida por las normas institucionales de protección a los cesantes.

4.1.6. La Variable "Ventas del Combustible Pesado" Con Retardo de un Año.

Esta serie es, en todo sentido, consistente con 4.1.1., salvo que se expresa con un año de atraso.

4.1.7. El Cociente del Precio del Combustible Pesado y el Precio del Carbón.

Esta variable es el cociente de 4.1.2 y 4.1.3. en cada año. Responde a la necesidad de probar una variable análoga a la prima introducida en 2.2.5. La prima, expresada como una diferencia no toma en cuenta la tasa de inflación, mientras que la prima en forma de cociente suprime la necesidad de buscar el índice de precios apropiada para deflactar la serie. El cociente es:

$$\frac{(\text{Precio del Combustible Pesado})}{(\text{Precio del Carbón})}$$

y, cuando se deflacta, es:

$$\frac{(\text{Precio del Combustible Pesado}) / (\text{Indice de Precios})}{(\text{Precio del Carbón}) / (\text{Indice de Precios})}$$

y ambos son equivalentes.

4.1.8 La Diferencia entre el Precio del Combustible Pesado y el Precio del Carbón.

Esta variable es la diferencia entre 4.1.2. y 4.1.3 en cada
.../...

año. Ni esta variable ni sus componentes han sido ajustados por la inflación por la duda que existía en cuanto a qué índice de precios emplear. Se creía preferible pecar por omisión que por comisión en este caso.

4.1.9 El Precio del Gas Natural

Este precio, también, proviene de los anuarios del Edison Electric Institute. No se le ha hecho el ajuste por rendimiento en las plantas termoeléctricas del que fueron objeto las otras series de precios, porque el gas natural compite, sobre todo, en el mercado de la calefacción. Este precio, por lo tanto, se expresa en términos del valor calorífico del gas adquirido por las centrales termoeléctricas.

4.2 Procedimiento

4.2.1 Las Matrices de Correlación.

Las matrices de correlación servirán de fundamento para la siguiente discusión. Es preciso recordar que el prefijo "X" e "Y" se refieren a la Región Noreste y a la División del Atlántico Sur respectivamente. El prefijo "Z" es la suma de "X" e "Y", y se refiere a toda la Costa Oriental. Los prefijos numéricos, de 1 a 9, corresponden a las variables según:

- | | |
|---|--|
| 1 | Ventas del Combustible Pesado (millones de barriles) |
| 2 | Precio del combustible pesado (US \$ por Mwh neto) |
| 3 | Precio del carbón (US \$ por Mwh neto) |
| 4 | Ingreso Personal per cápita (US \$ de 1967) |
| 5 | Empleados en la Industria Manufacturera (miles de empleados) |
| 6 | Ventas del Combustible Pesado de un año atrás (millones de barriles) |
| 7 | (2) / (3) |
| 8 | (2) - (3) |
| 9 | Precio del Gas Natural (US \$ por mil millones de BTU) |

.../...

Matriz de Correlaciones, Región Noreste

	X9	X8	X7	X6	X5	X4	X3	X2
X1	.493	.426	.411	.949	.317	.960	.464	.455
X2	.991	.963	.940	.602	-.212	.525	.986	
X3	.963	.962	.884	.604	-.213	.537		
X4	.574	.510	.544	.950	.232			
X5	.165	-.215	-.219	.126				
X6	.660	.592	.657					
X7	.967	.961						
X8	.993							

Matriz de Correlaciones, División del Atlántico Sur

	Y9	Y8	Y7	Y6	Y5	Y4	Y3	Y2
Y1	.759	.331	.194	.948	.834	.925	.778	.674
Y2	.973	.988	.832	.806	.433	.572	.983	
Y3	.993	.942	.642	.848	.502	.654		
Y4	.677	.240	.187	.876	.958			
Y5	.510	.363	.066	.737				
Y6	.883	.784	.545					
Y7	.733	.901						
Y8	.931							

Matriz de Correlaciones, Costa Oriental

	Z9	Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2
Z1	.617	.466	.383	.961	.578	.907	.599	.533
Z2	.987	.994	.929	.694	.051	.569	.987	
Z3	.983	.963	.868	.714	.047	.593		
Z4	.642	.543	.487	.892	.592			
Z5	.090	.040	.015	.425				
Z6	.783	.669	.666					
Z7	.926	.957						
Z8	.974							

.../...

4.2.2 Método de Estimación de los Modelos

Se emplea el método de los mínimos cuadrados ordinarios, o sea la regresión simple y múltiple. El programa de regresión múltiple de la Biblioteca de Programas de la USB permite la aplicación de diversas técnicas. Sin embargo, no se adapta a la técnica preferida por muchos estudiosos de la materia, la denominada "stepwise". La indisponibilidad de esta técnica no perjudica seriamente el estudio. Existen varias otras alternativas. (Las técnicas enumeradas son ampliamente discutidos en Dra-per y Smith, Capítulo 6). Surgen a la vista estas tres técnicas todas las regresiones posibles, la eliminación descendente, y la selección ascendente. La técnica de la eliminación descendente no proporciona resultados aceptables porque las matrices de datos, en lo que se refiere a las series de precios, aunque aparentemente no son singulares las matrices, se acercan tanto a la singularidad que, con la precisión numérica ofrecida por el programa, los resultados son frecuentemente absurdos.¹ Esta técnica, por lo tanto, se descartó después de que una serie de experimentos verificó la existencia del problema.

La técnica de todas las regresiones posibles sería poco económica con respecto al tiempo de computación requerido. De hecho, cuando se están estudiando ocho variables exógenas hay 255 combinaciones distintas posibles, y el presente trabajo consiste en tres problemas del mismo tamaño. En una etapa temprana de este estudio se reformuló la referida técnica según varios criterios para reducir el número de regresiones y, luego, se utilizó la técnica reformulada para estimar los modelos en la Región Noreste y en la División del Atlántico Sur. El resultado fue el mismo que se logró con la técnica de la selección ascendente y, por lo tanto, la discusión de esa primera etapa se suprimirá aquí.

¹ Se recordará que la estimación del vector de parámetros está dada, en forma matricial, por

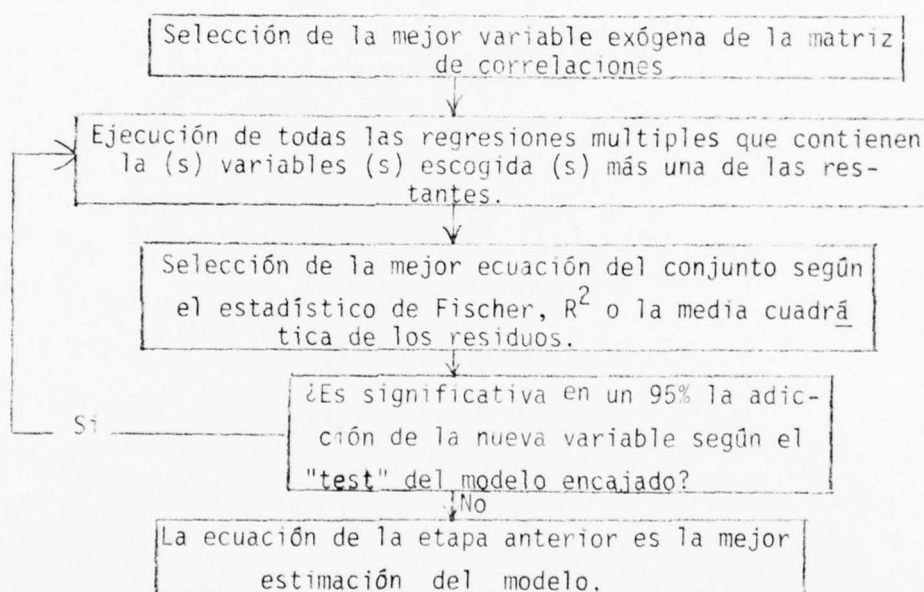
$$b = (X'X)^{-1} X'y$$

y que, si X es una matriz singular, no se podrá invertir así imposibilitando el cálculo.

.../...

La técnica de la selección ascendente será utilizada aunque la versión que se empleará difiere ligeramente de la selección descrita por Draper y Smith. Fue necesario modificarla para que se adaptara al programa de regresión múltiple de la USB.

La técnica empleada aquí se puede resumir en el siguiente diagrama:



4.2.3 El Modelo General.

Típicamente, el modelo que trata de explicar la demanda de un bien económico, consta de tres tipos de variables exógenas. Ellas son: el precio del bien; una variable representativa del ingreso o de la coyuntura económica, y, el precio de los sustitutos. La última variable se denomina la variable cruzada del precio. Si el modelo se plantea de la -

.../...

forma log-log, o log-lineal, los coeficientes correspondientes a cada variable son las elasticidades de la demanda con respecto a la misma. El modelo general será:

$$\log Z_1 = \log a_0 + a_1 \log Z_2 + \dots + a_n \log Z_n + u \quad (3.1)$$

donde: Z_1 es el consumo del bien estudiado, a_0 a a_n son los coeficientes o elasticidades, Z_2 a Z_n son las variables exógenas, y u es una perturbación aleatoria con media de cero, de varianza constante, independiente de las variables exógenas y que no está autocorrelacionada.

4.2.4 El Modelo del "Ajuste Parcial".

Dentro del esquema general planteado, se propondrá otro modelo. Las razones usuales para el empleo del modelo del ajuste parcial son: la incertidumbre, la inercia y los costos de cambio. Evidentemente, el consumo del combustible no se produce por una decisión instantánea. El equipo apropiado es obtenido, normalmente, después de un cuidadoso estudio económico y un largo lapso para su instalación. Entre su concepción y puesta en marcha, por ejemplo, una planta termoeléctrica convencional tarda entre tres y cinco años. De la misma manera, no se deja de consumir el combustible pasado simplemente porque el precio ya no conviene. El equipo no es fácilmente convertible y el invierno no respeta la conveniencia de los usuarios. En fin, indudablemente existe inercia en los ajustes de la demanda a cambios en las variables del sistema.

Sea $Z_{1,t}^*$, dada por

$$Z_{1,t}^* = a + bZ_{n,t} \quad (3.2)$$

el valor óptimo de Z correspondiente a $Z_{n,t}$. Por ejemplo, si $Z_{n,t}$ represen-

.../...

ta el precio del combustible pesado y experimenta un brusco aumento como el que experimentó entre 1973 y 1974, los consumidores no pueden lograr el ajuste a su posición óptima en un plazo tan reducido. Hay muchos factores que limitan su comportamiento óptimo en algún grado. Por tanto, se supone una función de reacción o ajuste.

$$Z_{1,t} - Z_{1,t-1} = \gamma(Z_{1,t}^* - Z_{1,t-1}) + u_t \quad 0 < \gamma \leq 1 \quad (3.3)$$

indicando que, en el período corriente el consumidor sólo se desplazará probablemente una parte del camino desde su posición de partida ($Z_{1,t-1}$) a la posición óptima ($Z_{1,t}^*$).

Cuanto más próximo a la unidad sea γ mayor es el ajuste realizado en el período corriente.

Combinando (3.2) y (3.3) se obtiene

$$Z_{1,t} = a\gamma + b\gamma Z_{n,t} + (1-\gamma) Z_{1,t-1} + u_t \quad (3.4)$$

Lo difícil de este modelo es el método de estimación. Puesto que $Z_{1,t-1}$ es endógena respecto al sistema, es una variable aleatoria, y no se puede presumir que el conjunto de las u_t esté incorrelacionado con el conjunto de las $Z_{1,t-1}$. Si no se observa ninguna autocorrelación de u_t , es decir u_t no guarda ninguna relación en particular con las u anteriores, entonces $Z_{1,t-1}$, aunque dependiente de valores previos de las u , no depende de u_t .

Allard sostiene en este caso que los estimadores proporcionados por la regresión multilíneal son consistentes y, cuando hay muchas observaciones ($n > 30$), que el resultado es aceptable. Con menos observaciones parece producirse un sesgo en la estimación de $(1-\gamma)$.²

² Ver Referencia 20, páginas 185-187

Johnston se muestra de acuerdo cuando afirma que, "..... si el término de perturbación es aleatorio, los mínimos cuadrados siguen pareciendo la mejor técnica de estimación, pero en muestras finitas da - rán estimadores sesgados".³

La prueba normal para la autocorrelación de los residuos es la de Durbin-Watson, pero cuando la variable dependiente retardada es tá presente en el modelo, esta prueba no es estrictamente válida.

A pesar de las dudas acerca de este modelo, se decidió plan tearlo, ya que debe ser una representación acertada del sistema. Los problemas de sesgo podrían tratarse mediante procedimientos muy complejos, pe ro como afirma Allard, "... la varianza de los estimadores puede ser más - alta... y puede ser que obtengamos estimadores más acertados con una regre sión corriente".

4.2.5 Plan de Trabajo.

El plan de trabajo viene dado por el análisis del mercado, las series cronológicas compiladas, el modelo planteado y el método de estima - ción del modelo. Es primer lugar se intentó estimar sendos modelos para la Región Noreste y la División del Atlántico Sur. En segundo lugar, el modelo fue estimado para toda la Costa Oriental. El objetivo era determinar cuál de las dos vías proporcionaba el mejor modelo para hacer proyecciones de la de manda del combustible pesado.

4.3. Resultados Obtenidos, Paso por Paso.

4.3.1 Primer Paso: Modelos para las dos Subdivisiones.

³ Ver Referencia 24, página 326.

4.3.1.1 Región Noreste.

En la selección ascendente las variables exógenas entraron en el orden siguiente: X4, X2, X6, X5. Al entrar X5 en la ecuación, se produjo un aumento en la media cuadrática de los residuos y, por tanto, no es significativa su adición. La penúltima variable, X6, entra con la razón parcial:

$$F = 15.66$$

con (1,12) grados de libertad, lo que es altamente significativo (>99%).

La ecuación resultó ser, entonces:

$$\log X_1 = -4.67643 + 0.78267 \log X_4 - 0.12774 \log X_2 + 0.74716 \log X_6$$

(.37030) (.03030) (.18895)

donde: X1: Ventas del Combustible Pesado (millones de barriles)

X2: Precio del Combustible Pesado (US\$ por Mwh neto)

X4: Ingreso Personal per cápita (US\$ de 1967)

X6: X_1_{t-1}

Los valores de t y el nivel de significación para esta prueba, así como los valores del coeficiente de Determinación Múltiple y de F, respectivamente, se presentan en la Tabla N° 18.

Los estimadores tienen los signos esperados y cada uno tiene un alto nivel de significación. El valor de F (141.3) es bastante superior al valor tabulado de 5.95 para (3,12) grados de libertad que corresponde a un nivel de significación del 99%, por lo tanto se rechaza la hipótesis de no relación lineal entre las variables exógenas y las endógenas. El coeficiente de Determinación Múltiple (0.972) señala que el conjunto de las variables exógenas, explica en un 97% el comportamiento de la variable endógena.

.../...

Variable Endógena:	Ventas del Combustible Pesado (log)	
VARIABLE EXOGENA	T CALCULADA	NIV. DE SIGNIF.(%)
Precio del Combust.Pes. (log)	-4.215	Excede 99.5
Ingreso pers. per cáp. (log)	2.114	97.1
Variable endógena retard. (log)	3.954	Excede 99.5
R^2	0.972	
Valor de F	141.3	

CUADRO 5
MODELO DEL AJUSTE PARCIAL
PARA LA DEMANDA DEL COMBUSTIBLE PESADO EN
LA REGION NORESTE

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

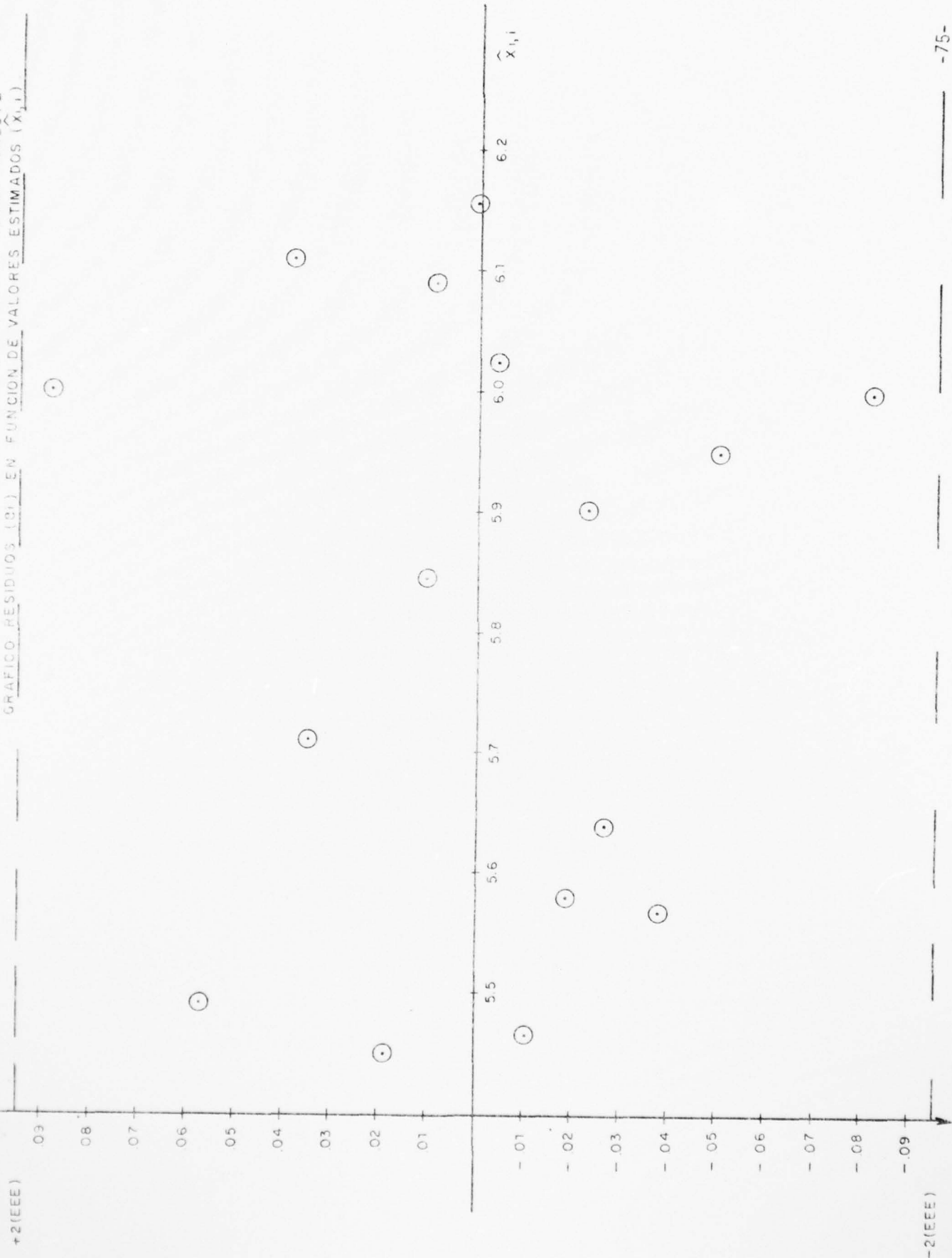
0.5 +∞

...

CUADRO No. 6

MODELO DEL AJUSTE PARCIAL

PARA LA DEMANDA DEL COMBUSTIBLE PESADO EN LA REGION NORESTE
 GRAFICO RESIDUOS (ϵ_i) EN FUNCION DE VALORES ESTIMADOS ($\hat{x}_{1,i}$)



-2(EEE)

Los residuos parecen estar distribuidos de una forma aleatoria cuando son graficados contra las X_1 . Cuando se colocan horizontalmente según los deciles de la distribución normal, tampoco surgen mayores irregularidades.⁵

Ahora, si se observan los residuos contra el tiempo, sí aparece un determinado movimiento cíclico. El número de signos negativos y positivos es igual y aparecen solamente siete secuencias. La probabilidad de que aparezcan siete o menos de estas secuencias, dada la distribución de los signos, es 21.4 en 100. Por lo tanto, temporalmente, la distribución no es con gran probabilidad aleatoria.

4.3.1.2 División del Atlántico Sur.

En la selección ascendente, las variables exógenas entraron en el orden siguiente: Y_6 , Y_2 , Y_4 , Y_5 . Hubo un aumento en la media cuadrática de los residuos al entrar Y_5 en la ecuación; y Y_4 , la penúltima variable entra con la razón parcial:

$$F = 2.01$$

con (1,12) grados de libertad. Un nivel de significación de un 95% hubiera dado 4.75 y, por tanto, la adición de Y_4 no es muy significativa.

La ecuación resultó ser, entonces:

$$\log Y_1 = -0.91351 + 1.28154 \log Y_6 - 0.25033 \log Y_2$$
$$(.12218) \quad (.07931)$$

donde: Y_1 : Ventas del Combustible Pesado (millones de barriles)

Y_2 : Precio del Combustible Pesado (US\$ por Mwh neto)

Y_6 : Y_1_{t-1}

⁵ La mejor indicación de normalidad, hubiera sido una capa de círculos sin agrupación alguna.

Los valores de t y el nivel de significación para esta prueba, así como los valores del coeficiente de Determinación Múltiple y de F , respectivamente, se presentan en la Tabla N° 19.

Los estimadores tienen los signos esperados y cada uno tiene un alto nivel de significación. El valor de F (106.3) es bastante superior al valor tabulado de 6.70 para (2,13) grados de libertad que corresponde a un nivel de significación del 99%, por lo tanto se rechaza la hipótesis de no relación entre las variables exógenas y la endógena. El coeficiente de Determinación Múltiple (0.942) representa un alto grado de explicación.

No se llevó a cabo el análisis de residuos porque este modelo tiene una gran falla. Su Error Estándar de Estimación (EEE) es 0.097, y en el modelo log-log, este error equivale a aproximadamente un 10% del valor real, lo que no es en ningún sentido aceptable cuando el objetivo propuesto es la proyección de la demanda.

TABLA N° 19		
MODELO DE LA DEMANDA DEL COMBUSTIBLE PESADO		
DIVISION DEL ATLANTICO SUR		
RESULTADOS DE REGRESION		
Variable Endógena:	Ventas del Combustible Pesado (log)	
VARIABLE EXOGENA	T CALCULADA	NIV. DE SIGNIF. (%)
Precio del Comb. pes. (log)	- 3.157	Excede 99.5
Variable endógena retard. (log)	10.489	Excede 99.5
R^2	0.942	
Valor de F	106.3	

.../...

4.3.2 Segundo Paso: Modelo para la Costa Oriental.

El modelo para toda la Costa Oriental cobró cierta importancia después de los resultados insatisfactorios obtenidos al nivel de la subdivisión. En la selección ascendente las variables exógenas entraron en el orden siguiente: Z6, Z8, Z3. Z3 entra con la razón parcial:

$$F = 0.82$$

con (1,12) grados de libertad, lo que no es significativo. Z8, la penúltima variable, entra en la ecuación con una significación que excede el 99%.

La ecuación resultó ser, entonces:

$$\log Z1 = -0.88204 + 1.15728 \log Z6 - 0.11224 \log Z8$$

$$(.04213) \quad (.01434)$$

donde: Z1: Ventas del combustible Pesado (millones de barriles)

Z6: $Z1_{t-1}$

Z8: Diferencia entre el precio del Combustible Pesado y el del carbón (US\$ por Mwh neto)

Los valores de t y el nivel de significación para esta prueba, así como los valores del coeficiente de Determinación Múltiple y de F, respectivamente, se presentan en la Tabla N° 20.

Los estimadores tienen los signos esperados y cada uno tiene un altísimo nivel de significación. El valor de F (484,0) es bastante superior al valor tabulado de 6.70 para (2,13) grados de libertad que corresponde a un nivel de significación del 99% y, por lo tanto, se rechaza la hipótesis de no relación lineal entre las variables exógenas y la endógena.

4.3.3 Tercer Paso: Reformulación del Modelo.

La extrema bondad del modelo estimado para toda la Costa Oriental en el aparte anterior sólo es cuestionable en lo que se refiere al

.../...

AD-A051 131

AIR FORCE INST OF TECH WRIGHT-PATTERSON AFB OHIO

F/G 21/4

LOS FACTORES DETERMINANTES DE LA DEMANDA DEL COMBUSTIBLE PESADO--ETC(U)

DEC 77 R M COLE

UNCLASSIFIED

AFIT-CI-78-19

NL

2 OF 2
ADA
051131



END
DATE
FILMED
4 -78
DDC

TABLA N° 20

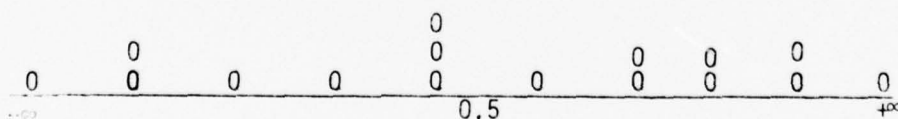
MODELO DE LA DEMANDA DEL COMBUSTIBLE PESADO
COSTA ORIENTAL
RESULTADOS DE REGRESION

Variable Endógena:	Ventas del Combustible Pesado (log)	
VARIABLE EXOGENA	T CALCULADA	NIV. DE SIGNIF. (%)
Diferencia entre el precio del comb. pes. y el del carbón (log)	-7.829	Excede 99,5
Variable endógena retard. (log)	27.470	Excede 99.5
R ²	0.987	
Valor de F	485.01	

El análisis de residuos se llevó a cabo igual que en 4.3.1.1
No se presentan mayores irregularidades.

CUADRO N° 7
MODELO DEL AJUSTE PARCIAL
PARA LA DEMANDA DEL COMBUSTIBLE PESADO EN LA
COSTA ORIENTAL

DISTRIBUCION DE LOS RESIDUOS SEGUN DECILES D E LA LEY NORMAL

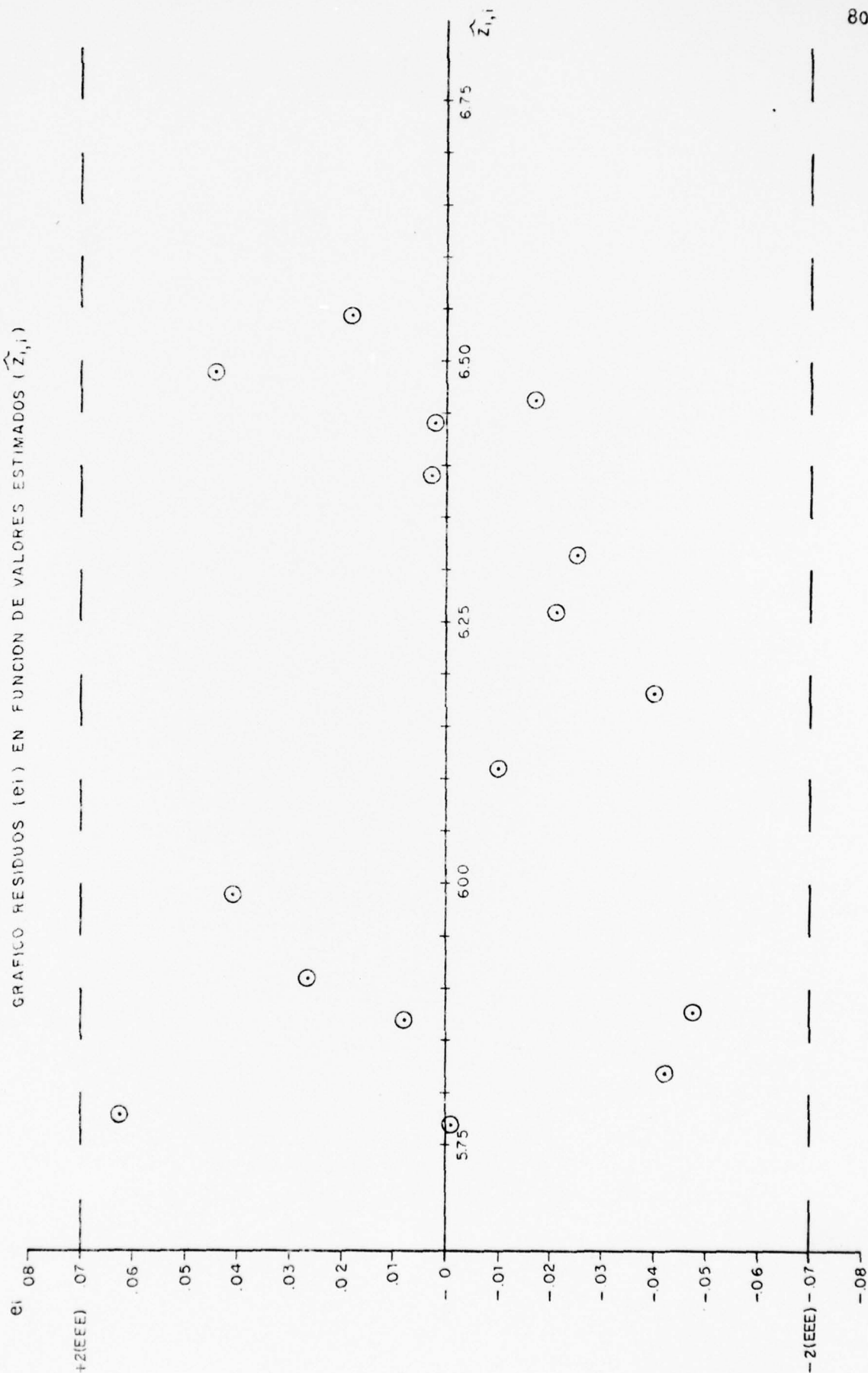


.../...

CUADRO No. 8

MODELO DEL AJUSTE PARCIAL

PARA LA DEMANDA DEL COMBUSTIBLE PESADO EN LA COSTA ORIENTAL
 GRAFICO RESIDUOS (e_i) EN FUNCION DE VALORES ESTIMADOS ($\hat{Z}_{i,j}$)



sesgo de los estimadores. El sesgo es una incógnita, y sería difícil de -
 jar como resultado una ecuación potencialmente equivocada. La solución a
 este problema se presentó mediante el estudio de todas las regresiones e-
 efectuadas en la selección ascendente para escoger la ecuación de la Costa
 Oriental. De las regresiones múltiples se comprobó que el estimador del -
 coeficiente de la variable endógena retardada, Z_6 , no debería ser signifi-
 cativamente diferente de uno (1). Si, de hecho, el coeficiente es uno, el
 modelo se puede reformular según:

$$\log Z_1 = a + b \log Z_n + \log Z_{1,t-1}$$

lo que es

$$\log Z_1 - \log Z_{1,t-1} = a + b \log Z_n$$

o, de otra forma

$$\log \frac{Z_1}{Z_{1,t-1}} = a + b \log Z_n$$

Ahora, un modelo de esta forma puede estimarse sin que apa-
 rezca sesgo alguno en los estimadores. Las pruebas sobre los residuos son
 todas válidas, incluso la de Durbin-Watson para probar la correlación se-
 rial de los residuos.

El planteamiento de este modelo supone que las variables ex-
 ógenas determinan el cambio interanual de la demanda.

4.3.4 Cuarto Paso: Estimación del Modelo Reformulado.

De acuerdo con el planteamiento del nuevo modelo se procedió
 a transformar la variable endógena. Esta pasó a ser el cociente de las ven-
 tas del combustible pesado en el año t y las ventas del año $t-1$. La selección
 ascendente se llevó a cabo examinándose todas las variables exógenas ante -

.../...

riores excepto, obviamente, las ventas con un año de atraso.

En la selección ascendente las variables exógenas entraron en el orden siguiente:

Z8, Z4, Z5. Otra vez se produjo un aumento en la media cuadrática de los residuos, al entrar Z5 en la ecuación. Z4 entra con significación superior al 99%. La ecuación resultó ser, entonces:

$$\log Z_{10} = 2.06018 - 0.09381 \log Z_8 + 0.26322 \log Z_4$$

$$(.01367) \quad (.08323)$$

donde: Z 10 : el cociente de las ventas del combustible pesado en el año t entre las del año t-1.

Z 8 : la diferencia entre el precio del combustible pesado y el del carbón (US \$ por Mwh neto)

Z 4 : Ingreso Personal per cápita (US \$ de 1967)

Los valores de t y el nivel de significación para esta prueba, así como los valores del coeficiente de Determinación Múltiple y de F, respectivamente, se presentan en la Tabla N° 21.

Los estimadores tienen el signo esperado y cada uno tiene un alto nivel de significación. El valor de F (23.59) es bastante superior al valor tabulado de 6.70 para (2,13) grados de libertad que corresponde a un nivel de significación del 99% y, por lo tanto, se rechaza la hipótesis de no relación lineal entre las variables exógenas y la endógena.

.../...

TABLA Nº 21
MODELO REFORMULADO DE LA DEMANDA DEL COMBUSTIBLE
PESADO EN LA COSTA ORIENTAL
RESULTADOS DE REGRESION

Variables endógena: ((Ventas del Combustible Pesado en el año t) / (Ventas del Combustible Pesado en el año t-1)) (log)		
VARIABLE EXOGENA	T CALCULADA	NIV. DE SIGNIF. (%)
Diferencia entre el precio del comb. pesa. y el del carbón (log)	-6.860	Excede 99.5
Ingreso pers. per cápita (log)	3.162	Excede 99.5
R^2	0.784	
Valor de F	23.59	

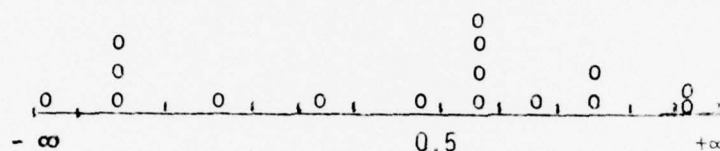
A simple vista esta ecuación parece peor que el modelo estimado en 4.3.2. Por cierto que no es tan preciso, pero se deben comparar al nivel del Error Estándar de la Estimación (EEE) y no con respecto al valor de F o de R^2 , puesto que son estimaciones de distintos modelos. Los EEE son:

Modelo del Ajuste Parcial: 0.03483
Modelo Reformulado : 0.03899

lo que indica una gran similitud en cuanto a la precisión, pero lo que favorece la estimación del Modelo del Ajuste Parcial. Vale la pena enfatizar, sin embargo, que si el análisis de residuos no revela mayores irregularidades, se puede confiar más en el Modelo Reformulado, pues, a diferencia del Modelo del Ajuste Parcial, se tiene la seguridad de que los estimadores no son sesgados.

.../...

CUADRO N° 9
 MODELO REFORMULADO
 PARA LA DEMANDA DEL COMBUSTIBLE PESADO EN LA COSTA ORIENTAL
 Distribución de los Residuos según Deciles de la Ley Normal



La distribución puede presumirse normal. Los residuos parecen distribuirse al azar cuando son graficados contra los valores estimados de la variable endógena.

El estadístico de Durbin-Watson,

$$d = 1.604$$

es mayor que 1.25, que es el límite superior de la prueba que corresponde a un 99% de seguridad en el rechazo de la hipótesis de no autocorrelación nula. Por lo tanto, se tiene la seguridad de que no hay autocorrelación de los residuos.

4.3.5 Resumen de los Resultados Obtenidos.

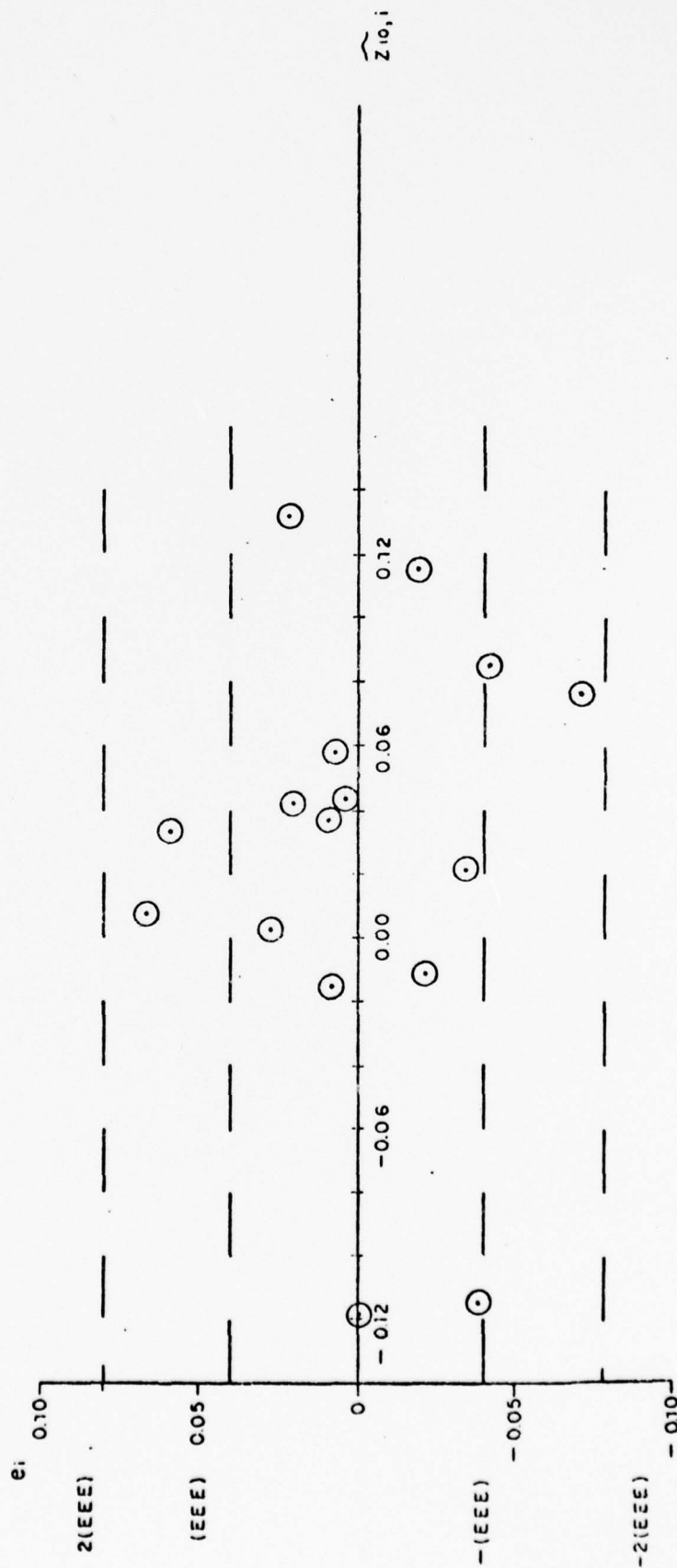
Aunque se logró especificar un buen modelo para la Región Noreste, no se logró otro tanto para su hermana subdivisión. Los mejores modelos se especificaron al nivel global de toda la Costa Oriental. Con el Modelo del Ajuste Parcial se estimó una ecuación con error estándar

..../...

CUADRO No. 10

MODELO REFORMULADO

PARA LA DEMANDA DEL COMBUSTIBLE PESADO EN LA COSTA ORIENTAL
 GRAFICO RESIDUOS (e_i) EN FUNCION DE VALORES ESTIMADOS ($\widehat{Z}_{10,i}$)



de estimación muy reducido, pero cuyos coeficientes probablemente contienen un sesgo desconocido. Con el Modelo Reformulado se estimó una ecuación cuyo error estándar no es tan reducido, pero sobre la cual existe certeza respecto a los estimadores.

CAPITULO V

ANALISIS DE LOS MODELOS, PROYECCIONES Y PERSPECTIVAS

Es este capítulo sólo se discutirán las ecuaciones estimadas para toda la Costa Oriental, tanto la correspondiente al Modelo del Ajuste Parcial como la correspondiente al Modelo Reformulado.

5.1 Análisis de los Modelos.

Los modelos coinciden en señalar, como factor determinante, la diferencia que existe entre el precio del combustible pesado y el carbón. La precisión del Modelo del Ajuste Parcial refuerza las ideas originales en cuanto al grado de inercia que existía en este mercado. La reformulación del modelo admite la influencia del ingreso personal per cápita, pero en menor grado.

Los modelos son particularmente interesantes porque permiten estimar la diferencia de precios que deberá existir para que la demanda permanezca estática de año en año. Con el Modelo Reformulado, hay que presumir un determinado desenvolvimiento del ingreso personal per cápita, para hacer el mismo ejercicio.¹ Para el Modelo del Ajuste Parcial la diferencia que produce un crecimiento nulo de la demanda es US\$ 2.60.² Si se fija el precio del

¹ El modelo es de la forma

$$\log\left(\frac{Z1_t}{Z1_{t-1}}\right) = a + b \log Z3 + c \log Z4$$

y, si no hay ningún cambio del año t-1 al año t, el miembro izquierdo es cero y se puede despejar el valor de Z3, dada una evolución de Z4 y ya habiéndose estimado los valores de a, b y c.

² Se enfatiza una vez más que la diferencia se calcula al nivel del valor de cada combustible necesario para producir un megavatio-hora neto en las centrales termoeléctricas.

carbón al nivel de 1975, la misma diferencia se traduce en un precio por barril de combustible pesado de US\$ 7.65, o sea una baja de aproximadamente un 36% respecto al precio registrado en 1975. Para el Modelo Reformulado la misma diferencia, presumiendo un crecimiento de cero, del ingreso personal per cápita, es US\$ 2.95.³ En este caso la diferencia equivale a un precio de US\$ 7.85 por barril de combustible pesado, cuando el precio del carbón se mantiene constante al nivel de 1975, o sea una baja de aproximadamente un 34% respecto al precio de 1975.

Este ejercicio demuestra en términos muy generales que la coyuntura que había provocado el uso cada vez mayor del combustible pesado a través del año 1972 se vio súbitamente alterada a partir del embargo petrolero de 1973. Al suponer incrementos mayores del ingreso personal per cápita, la diferencia que da un crecimiento nulo, no resulta ensanchada significativamente, pues la diferencia reinante en 1975 era US\$ 10.05.

Se debe volver a mencionar que la diferencia de precios está expresada en dólares corrientes. En épocas de inflación, la misma diferencia de precios no significará igualdad de condiciones. Por esta razón, este modelo, si se piensa utilizar para fines predictivos, tiene que ser mantenido y estimado de nuevo a medida que aparezcan publicamente nuevas observaciones.

5.2 Estudio de Casos: Proyecciones:

Las proyecciones se van a hacer únicamente en base al Modelo Reformulado por la dudas que existen, en cuanto al sesgo de los coeficientes del otro modelo. Debe ser obvio que las proyecciones mostrarán un mercado menos dinámico y probablemente reducido. Para las proyecciones se supondrán tres escenarios que pueden considerarse de expectativas altas, medias y bajas, respectivamente.

³

Las diferencias que corresponden a los crecimientos del ingreso, son:

Si el ingreso sube:	3% - US\$	3.20	
	5% - US\$	3.38	
	10% - US\$	3.85	.../...

5.2.1 Escenario de Expectativas Altas.

Este escenario supone un crecimiento moderado del precio del combustible pesado de un 5% anual, un crecimiento alto del precio del carbón de un 15% y un sustancial crecimiento del ingreso personal per cápita de un 4% en dólares constantes. El precio del combustible pesado es determinado en lo esencial por la OPEP y, por tanto, el escenario refleja una actitud de moderación por parte de la Organización. No es difícil imaginar un rápido crecimiento del precio del carbón, si conjuntamente con una economía robustecida, se dan algunas otras condiciones: la escasez del gas natural en el mercado; paros laborales en las minas carboníferas; o el súbito aumento de la demanda del carbón que excede la capacidad de la infraestructura de producción y distribución del mismo.

5.2.2 Escenario de Expectativas Medias.

Este escenario presupone el mismo crecimiento del precio del combustible pesado, o sea un 5% anual. Se supone un 10% de crecimiento para el carbón, y el mismo 4% para el incremento anual en dólares constantes del ingreso personal per cápita.

5.2.3 Escenario de Expectativas Bajas.

Este escenario supone un estancamiento general de la economía, menos presión contra la infraestructura del carbón, y mayor agresividad y mayor militancia por parte de la OPEP en cuanto a los precios. El desenvolvimiento del precio del combustible pesado será un 10% anual. El precio del carbón crecerá al ritmo del 5% anual y el ingreso personal per cápita a solamente un 1%, en dólares constantes.

5.2.4 Proyecciones.

En la siguiente tabla aparecen las proyecciones hechas en base al Modelo Reformulado.

.../...

TABLA Nº 22
PROYECCIONES DE LA DEMANDA DEL COMBUSTIBLE PESADO
COSTA ORIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS, 1976-1980
(millones de Barriles/cambio porcentual desde año anterior)

	1975	1976	1977	1978	1979	1980
EXPECTATIVAS	560	507/	468/	441/	423/	425/
ALTAS		-9.5	-7.7	-5.8	-4.1	1.0
EXPECTATIVAS	560	504/	459/	423/	395/	374/
MEDIAS		-10.0	-9.0	-7.9	-6.6	-5.3
EXPECTATIVAS	560	494/	431/	372/	318/	269/
BAJAS		-11.8	-12.8	-13.7	-14.5	-15.4

FUENTE: Cálculos propios.

Las proyecciones son generalmente decrecientes, excepto - las del escenario de Expectativas Altas, donde la proyección decrece hasta el año 79 y crece en el año siguiente. Se puede decir que, bajo las condiciones reinantes, el mercado ya no es creciente. En 1975 la demanda diaria en el PAD I fue de 1496 mil barriles diarios. Las importaciones externas a la jurisdicción aduanera fueron aproximadamente 877 mil barriles diarios. Los suministros propios fueron, por lo tanto, 619 mil barriles diarios, o 226 millones de barriles anuales. Se sabe que los suministros por medios propios gozan de ciertas ventajas ante las fuentes externas a la jurisdicción aduanera, y que efectivamente, su mercado está asegurado. Entonces, en lo que se refiera a las proyecciones, las fuentes externas (Venezuela - incluida) podrían suplir 199 millones de barriles anuales en el mejor de los escenarios y 50 millones de barriles en el peor para el año 1980. Se debe recordar que los envíos de Venezuela y las Antillas Holandesas solamente en 1975 sumaron unos 185 millones de barriles.

Por supuesto, las discusión anterior pinta un cuadro muy som-
brío y muchos factores pueden intervenir para cambiarlo. La demanda para los tres primeros trimestres de 1976 (Véase 3.1.3), por ejemplo, permite estimar

.../...

la demanda anual en aproximadamente 589 millones de barriles. De ser cierto ésto, la proyección de 1976 yerra por insuficiente en un 14%, aun para las expectativas altas. Nueva información puede indicar un reducido efecto debido a la diferencia de precios o un mayor impulso provisto por el alza del ingreso ocurrida paralelamente con la recuperación económica del año 1976. Ha de ser obvio que la inercia es enorme. El ajuste esperado no se dio, probablemente por factores como la incertidumbre provocada por la lenta formulación de políticas energéticas en Estados Unidos.

5.3 Perspectivas.

Todo análisis econométrico, si no está basado en los hechos, está consignado al fracaso. Tiene que ser constantemente corregido y actualizado en vista del acontecer diario, las decisiones políticas y/o los avances científicos. El futuro es un camino generalmente desconocido, pero el presente ayuda a adivinarlo. Las proyecciones deben verse, por lo tanto, conjuntamente con las perspectivas que el presente parece estar indicando. Con esta finalidad se consideró oportuno mencionar sólo tres, entre la infinidad de perspectivas que se vislumbran en este momento.

5.3.1 Los Precios de la OPEP.

La política de precios de la Organización de Países Exportadores de Petróleo es un elemento clave de este análisis. En vísperas de la conferencia de diciembre de 1977, Ali Djaidah, secretario general de la OPEP, manifestó su apoyo para drásticos aumentos en el precio porque consideraba una "pérdida de recursos y dinero", el emplear el petróleo para la calefacción.⁴ Los precios no solamente reportan un efecto directo sobre la demanda, sino redundan en el ingreso y la coyuntura económica de la Costa Oriental de alguna forma. El hecho es que hoy en día el petróleo es utiliza

⁴ Véase, "Drástico Aumento de Precios del Crudo Propugna Secretario de - OPEP", El Nacional. Caracas: 2 de noviembre de 1977

do como combustible para producir calor. Es el juicio compartido generalmente, que no debería ser usado de tal forma, pero entre lo real y lo ideal mediará cierto tiempo y, si los aumentos del precio son bruscos, el tiempo se acortará.

El usuario, por supuesto, experimentaría una difícil metamorfosis, de aumentarse el precio súbitamente, pero cabe preguntar si Venezuela está en condiciones de prescindir de una parte substancial de su producción de combustible pesado dentro de muy pocos años.

5.3.2 Plan "Carter".

El llamado plan "Carter" de los Estados Unidos contempla que el carbón sustituya a corto plazo al combustible pesado para ciertas actividades. Uno de los aspectos más controvertidos del plan es una complicada tarifa impositiva que se les aplicará primero a los usuarios industriales del combustible pesado y posteriormente, a partir de 1983, a las centrales termoelectricas usuarias del combustible. Existe presión considerable para que no se apruebe, y de hecho esta provisión no sobrevivió el debate en el Senado en octubre de 1977. El portavoz nacional de las centrales, el Edison Electric Institute, arguye con razón, que la incertidumbre en cuanto al suministro del petróleo y el precio del mismo, ya han producido el efecto que se deseaba. Desde 1973 no se planifica incrementar la capacidad básica con centrales que queman el combustible pesado. La capacidad antes planificada deberá entrar en servicio para 1980. Los argumentos esgrimidos concuerdan generalmente con los pronósticos de 3.1.4. Además, el mismo instituto arguye que sólo el 20% de la capacidad a base del combustible pesado es convertible al uso del carbón sin una reconstrucción total de calderas y facilidades que manejan combustible. Los costos de conversión total, por lo tanto, excederían por mucho la capacidad financiera de la industria.⁵

⁵ Véase, "Background Material on Elements of Presidente Carter's Proposed - National Energy Policy That Effect Electric Utilities", abril de 1977; y "The Phasing Out of Oil and Gas Used for Boiler Fuel--- Constraints and Incentives", 7 de marzo de 1977. Dos artículos difundidos por el Edison Electric Institute. .../...

Se dio a conocer hace poco un estudio de la Administración Federal de Energía de Estados Unidos que exponía en cifras las proyecciones de la demanda del combustible pesado, de aprobarse el Plan "Carter". Se preveía que, para 1985, la necesidad de importar combustible pesado podría eliminarse porque la demanda doméstica caería a 2 millones de barriles diarios, lo que era un volumen obtenible mediante la refinación doméstica. Un comentario enfatizaba la característica de suministrador marginal, que poseía Venezuela. Es decir, reducciones de importaciones de fuera de los estados contiguos afectan primero a las fuentes externas a la jurisdicción aduanera.⁶ Afortunadamente la previsión es producto de la presunción de que se apruebe cuanto antes el plan "Carter" sin modificaciones. La presunción parece no tener fundamento.

Aunque el plan "Carter" es aplaudido a veces irreflexivamente en Venezuela, su aprobación presenta la posibilidad de que los combustibles pesados de origen venezolano se vuelvan menos atractivos en la Costa Oriental.⁷

5.3.3 Cambios Tecnológicos.

La tecnología nuclear no es nueva. Avances de segunda y tercera generación, como los reactores regeneradores y la fusión, son de

⁶ Véase "Carter's Plan Seen Threatening Caribbean Refiners", Petroleum Intelligence Weekly, Vol XVI, N° 36, 5 de septiembre de 1977

⁷ Véase: Comentarios de Alberto Quirós, presidente de Maravén, en "Negativo para Venezuela podría ser el Programa Energético de Carter", - El Nacional, Caracas 12 de julio de 1977; y comentarios de J.A. Mayobre y L.R. Viso en "Un problema y dos Circunstancias, El Nacional, Caracas, 17 de Septiembre de 1977.

interés pero ciertamente lejos de convertirse en realidad en los Estados Unidos. Otro avance tecnológico, sin embargo, debe mencionarse.

El proceso llamado Magnetohidrodinámica (MHD), descubierto en el último siglo, ha superado algunos obstáculos tecnológicos y deberá ser perfeccionado en los próximos años. En términos muy sencillos, un combustible es sometido a ignición a temperaturas altas y el gas resultante, diseminado con potasio u otras sustancias para aumentar la ionización del gas, es lanzado a alta velocidad por un conducto que atraviesa un fuerte campo magnético creando así electricidad. Tras pasar por el campo magnético, el gas caliente es canalizado hacia turbinas convencionales para producir más energía eléctrica.

Los Estados Unidos y la Unión Soviética cooperan en la puesta en marcha de la primera central de talla comercial en Moscú. El imán para la planta, que pesaba conjuntamente con su equipo auxiliar unas sesenta toneladas, fue enviado desde Chicago a Moscú en vuelo directo en julio de 1977. Se espera que la planta le provea la luz a Moscú para 1985.

Lo interesante de veras, es el aumento alcanzado por este proceso en la eficiencia térmica, y su adaptabilidad al uso del carbón de alto contenido de azufre. La eficiencia térmica de una planta de carbón equipada con "scrubbers" es del orden del 35%, mientras la planta MHD alcanza un 55% y puede, teóricamente, llegar al 75%. Investigadores de la Universidad de Tennessee descubrieron este año, fortuitamente, que al agregarle potasio al carbón triturado, aquél se combina con el azufre y se adhiere a las cenizas volantes. Las cenizas se atrapan convencionalmente y el potasio puede ser reciclado. Mediante este proceso se atrapa un 95% del azufre presente en el carbón, haciendo innecesaria la instalación de "scrubbers".

Este proceso se convertirá, probablemente, en realidad comercial entre 1985 y 1990. Si bien es cierto que el proceso es aplicable a cualquier combustible, las nuevas centrales, dada la política actual, se -

.../..

diseñarán para el uso del carbón. Aunque se diseñaran para el uso del combustible pesado, el resultado neto sería un volumen reducido de combustible para la misma generación eléctrica.⁸

El desarrollo de esta y otras tecnologías recibió un impulso con el alza de los precios petroleros. Es generalmente aceptado que el resultado potencial, el uso más racional de los hidrocarburos, es bueno, pero implica el uso cada vez menor de los combustibles pesados.

⁸ Véase: Costs of Alternative Sources of Energy, informe del Stanford Research Institute publicado por el National Technical Information Service, Springfield, Virginia, USA, julio de 1976, p. 23-26;

"Energy Plant for Sulfur Fuel", The Daily Journal.
Caracas: 16 de mayo de 1977;

➤ "EE.UU. y la URSS Colaboran en Proyecto Revolucionario para Producir Electricidad", El Nacional, Caracas: 13 de Junio de 1977;

"Aerospace World", Air Force Magazine, agosto de 1977'

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio es establecer los factores que determinan la demanda del combustible pesado en la costa oriental de los Estados Unidos. En el "Modelo del Ajuste Parcial", los factores son:

a) La diferencia, entre el valor del combustible pesado necesario para producir un megavatio-hora neto de electricidad y el valor que correspondería al utilizar carbón; y

b) Las ventas del combustible del año anterior.

En el "Modelo Reformulado" los factores son:

a) La diferencia entre el valor del combustible pesado necesario para producir un megavatio-hora neto de electricidad y el valor que correspondería al utilizar carbón; y

b) El ingreso per cápita.

Ambos modelos establecen la importancia de la "resistencia al cambio" y de la diferencia entre los precios de los combustibles: Petróleo y carbón.

Para el "Modelo Reformulado": La ecuación que corresponde a dicho modelo nos ha permitido desarrollar una serie de proyecciones, partiendo de distintas circunstancias (escenarios) para las variables de precio e ingreso.

La característica del mercado hasta el año 1973 ha sido de un notable crecimiento. Ahora a la vista de las proyecciones, este se nos presenta para 1980 (en sus tres escenarios) en una posición estática o en franca disminución. Dichas proyecciones nos han permitido establecer cambios porcentuales, interanuales, que van de un 1% hasta un -15%.

Si tenemos en cuenta que el precio actual del carbón es significativamente menor que el precio del petróleo equivalente para la obten

.../...

ción de un megavatio-hora neto, nos induce a creer que el uso del carbón sería el más indicado; sin embargo, la "resistencia al cambio", las in - versiones, que el cambio del sistema requiere nos hace deducir que no habrá alteraciones bruscas en el estado actual del sistema que se utiliza.

Venezuela vende un volumen extraordinario de combustible - pesado a la costa este de los Estados Unidos.

a) Esta venta se ve afectada desfavorablemente como ocurre a todos los exportadores que se encuentran fuera de la jurisdicción aduane ra establecida por Estados Unidos.

b) Asimismo depende de factores como la política energética - que adopten los Estados Unidos, y

c) La política de precios de la OPEP.

d) Las nuevas tecnologías que, como el proceso megnetohidrodi- námico, puedan llegar a ejercer a mediano o largo plazo una influencia de cisiva.

Lo enumerado con anterioridad coloca a Venezuela en una - situación que debe ser estudiada minuciosamente, para establecer cuales - de las características mencionadas pueden ser favorables o desfavorables para Venezuela.

Frente al panorama presentado sugerimos coordinar la inves tigación de mercados con la planificación petrolera nacional, para deter- minar la política a seguir.

También frente al panorama debe considerarse la posibilidad de que Venezuela se vea reducida en su participación en el mercado de la Costa Oriental de Estados Unidos, para lo cual se prevé lo siguiente:

a) Continuar con el patrón de refinación existente y colocar el crudo en las refinerías cercanas del Caribe, quienes nos van a devol-

.../..

ver productos refinados que cubrirán las necesidades de nuestro mercado interno; o,

b) Cambiar el patrón de refinación en nuestras refinerías con miras a incrementar el rendimiento en la gama de productos livianos de consumo interno sin aumentar el volumen de crudo procesado en la refinerías.

Podríamos, frente al panorama, sacar la conclusión de que la situación del mercado para el combustible pesado venezolano en la costa este de los Estados Unidos no es alarmante si tenemos en cuenta que la reducción en la venta ha sido compensada ampliamente por el alza del precio.

Pero la disminución en la venta del combustible pesado requerirá de algunos ajustes, con lo cual nuestra exportación disminuirá en combustible pesado y aumentará en los crudos en igual proporción. Aunque se requerirá, sin duda, de una activa comercialización de los crudos pesados en áreas tradicionales y/o nuevas.

B I B L I O G R A F I A

GENERAL

1. ADELMAN, M A "The World Petroleum Market". The Johns Hopkins University Press for Resources for the Future 2ª Impresión en papel. Baltimore, 1972.
2. BALESTRINI C , CESAR "Los Precios del Petróleo y la Participación Fiscal de Venezuela". Universidad Central de Venezuela Caracas, 1974.
3. BRADY, GEORGES S. "Materials Handbook". Mc Graw Hill Company 10ª Edición. New York, 1971.
4. BRAINARD, JOEL, et al "A Perspective on the Energy Future of the Northeast United States". Brookhaven National Laboratory Upton, N Y., 1976.
5. CABINET TASK FORCE ON OIL IMPORT CONTROL "The Oil Import question". U.S. Government Printing Office Washington, 1970
6. EDISON ELECTRIC INSTITUTE "The Phasing Out of Oil and Gas Used for Boiler Fuel". Informe del Edison Electric Institute. New York, 1977. "Background Material on Elements of President Carter's Proposed National Energy Policy That Affect Electric Utilities". Informe del Edison Electric Institute. New York, 1977.

7. GIL, FLORENCIO B "Fuel Oil" Editorial Blume
Madrid, 1969.
8. LICHTBLAU, JOHN H "Residual Fuel Oil and its Competitors":
Petroleum Industry Research Foundation, Inc N.Y. June, 1963
"The Price Outlook for East Coast Residual Fuel Oil and Com
petitive Coal under conditions of Unrestricted Imports"
Petroleum Industry Research Foundation, INC New York, Janua
ry, 1965
9. RAMOS, MANUEL "La Economía de la Desulfuración de Combustible
Pesado" Energía e Industria, Nº 2, enero -marzo de 1973, -
pags 27-36
10. SOO, S L et al "The Coal Future: Coal Transportation; Unit
Trains- Slurry and Prematic Pipelines" University of Illinois
at Urbana- Champaign Urbana, 1975.
11. TECHNICAL ADVISORY COMMITTEE ON CONSERVATION OF ENERGY, FPC
"Power Generation: Conservation, Health and Fuel Supply" U.S.
Government Printing Office Washington, 1975
12. TECHNICAL ADVISORY COMMITTEE ON THE IMPACT OF INADEQUATE ELEC -
TRIC POWER SUPPLY, FPC "The Adequacy of Future Electric Power
Supply: Problems and Policies". U.S. Government Printing Office,
Washington, 1976.

13. TOLLEY, GEORGES , UPTON, CHARLES W , HASTINGS, V STEVENS
"Electric Energy Availability and Regional Growth" Bal-
linger Publishing Company Cambridge, 1977
14. TUGWELL, FRANKLIN "The Politics of Oil in Venezuela", Stan-
ford University Press Stanford, 1975
15. U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR "Minerals yearbook", Vol 2
Fuels, U.S. Government Printing Office Washington, 1961-65
16. WITWER, J G "Costs of Alternative Sources of Electricity"
Stanford Research Institute Menlo Park, 1976
- 17 - "ANNUAL BOOK OF ASTM Standards, Part 23, Petroleum Products
and Lubricants" American Society for Testing and Materials
Easton, Md., 1974
18. "ENCICLOPEDIA DE TECNOLOGIA QUIMICA, TOMO V" Union Tipográfica,
Editorial Hispano-Americana, Mexico, 1962
- 19 - "MEMORIA Y CUENTA DEL MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS"
para los años 1960 a 1976 M M H , Caracas, Venezuela

TECNICA

20. ALLARD, R J. "An Approach to Econometrics" J. Wiley & Sons,
1ª Edición. New York, 1974

21. CALOT, G "Curso de Estadística Descriptiva". PARANINFO
1ª Edición, Madrid, 1970
22. DRAPER, N R. y SMITH H "Applied Regression Analysis".
J. Wiley & Sons, 1ª Edición, New York, 1966.
23. EUSTACHE V , PAUL H "Factores Determinantes de la Demanda
de Combustibles Líquidos Derivados de Petróleo", Tesis pre-
sentada a la Universidad Simón Bolívar. Caracas, 1977.
24. JOHNSTON, J "Métodos de Econometría". VICENS-VIVES 3ª Edi-
ción, Barcelona, 1975

APENDICE A : SERIES CRONOLÓGICAS.

Cálculo de X2 : El Valor del Combustible Pesado Necesario para producir
a.1 Un Megavatio-hora de Electricidad Neta en la Región Noreste

Año	Nueva Inglaterra			Atlántico Medio					
	(1) US \$ por bar.	(2) bar.por Mwhr.neto	(3) %del cons. región	(4) US \$ por bar.	(5) bar. por Mwhr.neto	(6) % del cons. región	(1) (4)	(2) (5)	(3) (6)
1975	12.08	1.738	.377	12.28	1.786	.623			21.59
1974	11.48	1.738	.356	12.03	1.810	.644			21.13
1973	4.38	1.738	.356	5.00	1.833	.627			8.59
1972	3.69	1.762	.381	3.93	1.833	.619			7.05
1971	3.37	1.738	.363	3.64	1.857	.637			6.43
1970	2.19	1.762	.385	2.61	1.929	.615			4.58
1969	1.87	1.786	.379	2.16	1.905	.621			3.82
1968	1.87	1.810	.384	2.23	1.905	.616			3.92
1967	1.94	1.881	.385	2.10	1.905	.615			3.87
1966	2.08	1.929	.345	2.00	1.881	.655			3.85
1965	2.16	1.964	.361	2.03	1.857	.639			3.94
1964	2.17	2.000	.355	2.00	1.833	.645			3.91
1963	2.18	1.976	.348	2.02	1.833	.652			3.91
1962	2.27	1.952	.375	2.14	1.905	.625			4.21
1961	2.39	1.976	.386	2.26	1.952	.614			4.53
1960	2.27	1.988	.394	2.20	1.988	.606			4.43

FUENTE: (1) y (4), Anuarios del Edison Electric Institute.
(2) y (5), "Steam Electric Plant Factors", National Coal Association.
(3) y (6), Mineral Industry Surveys, Fuel Oil Sales, Annual.

.../...

Cálculo de X3: El Valor del Carbón Necesario para producir un a.2 Megavatio-hora de Electricidad Neta en la Región Noreste							
AÑO	Nueva Inglaterra			Atlántico Medio			(7) (1) (2) (3) + región(4) (5) (6)
	(1) US \$ por ton.	(2) bar. por Mwhr. neto	(3) %del cons. region	(4) US \$ por ton.	(5) ton por Mwhr. neto	(6) %del cons. región	
1975	35 60	429	040	24 51	429	960	10 71
1974	28 08	407	045	19 13	447	955	8 68
1973	14 12	389	024	11 41	422	976	4 83
1972	13 48	402	029	10 46	426	971	4 48
1971	10 78	433	058	9 84	438	942	4 33
1970	9 38	424	075	8 76	440	925	3 86
1969	9 20	402	107	7 50	424	893	3 24
1968	9 09	393	130	7 14	420	870	3 07
1967	9 05	389	151	7 05	419	849	3 04
1966	8 92	391	178	6 75	421	822	2 96
1965	8 94	390	181	6 71	418	819	2 93
1964	8 99	390	176	6 99	416	824	3 01
1963	9 16	399	178	6 99	413	822	3 03
1962	9 50	407	175	7 43	417	825	3 23
1961	9 72	410	175	7 66	423	825	3 37
1960	9 85	415	157	7 64	435	843	3 44

FUENTE: (1) y (4), Anuarios del Edison Electric Institute
(2), (3), (5) y (6), "Steam Electric Plant Factors", National
Coal Association.

Cálculo de X4: El Ingreso Personal per Cápita en la Region Noreste
a.3

AÑO	(1) Ingreso Personal 10 ⁹ \$ corr.	(2) Índice de Precios al Consumidor	(3) (1) + (2)	(4) Población (10 ³ pers)	(5) (3)/(4) (US \$)
1975	311.8	1.612	193.4	49461	3910
1974	291.1	1.477	197.1	49412	3989
1973	269.9	1.331	202.8	49546	4093
1972	246.0	1.253	196.3	49726	3948
1971	229.7	1.213	189.4	49591	3819
1970	217.9	1.163	187.4	49157	3812
1969	201.8	1.098	183.8	48677	3776
1968	185.3	1.042	177.8	48435	3671
1967	171.4	1.000	171.4	48106	3563
1966	158.3	0.972	162.9	47789	3409
1965	147.1	0.945	155.7	47451	3281
1964	136.8	0.929	147.3	47051	3131
1963	128.9	0.917	140.6	46565	3019
1962	124.9	0.906	137.9	45945	3001
1961	118.6	0.896	132.4	45547	2913
1960	114.1	0.887	128.6	44802	2870

FUENTE: Statistical Abstract of the United States, U.S. Department
of Commerce, Bureau of the Census, 1960- 1976

a.4 Resumen de los datos correspondientes a la Region Noreste

AÑO	(X1) Ventas de Comb. pesa. (mill. de barriles)	(X2) Precio Mwhr comb. pes. (US\$)	(X3) Precio Mwhr carbón (US\$)	(X4) Ing. pers. per cáp. (US\$ 1967)	(X5) Emp. en la Ind. Manuf. (miles de emp.)	(X6) (X1) _{t-1}	(X7) (X2)/(X3)	(X8) (X2)- (X3)	(X9) Precio Gas Nat. (US\$ por 10 ⁹ BTU)
1975	357	21.59	10.71	3910	4791	411	2.016	10.88	1058
1974	411	21.13	8.68	3989	5288	472	2.434	12.45	1168
1973	472	8.59	4.83	4093	5341	471	1.778	3.76	631
1972	471	7.05	4.48	3948	5211	448	1.574	2.57	544
1971	448	6.43	4.33	3819	5225	444	1.485	2.10	457
1970	444	4.58	3.86	3812	5611	373	1.187	0.72	390
1969	373	3.82	3.24	3776	5894	364	1.179	0.58	365
1968	364	3.92	3.07	3671	5862	349	1.277	0.85	359
1967	349	3.87	3.04	3563	5889	313	1.273	0.83	353
1966	313	3.85	2.96	3409	5882	274	1.301	0.89	343
1965	274	3.94	2.93	3281	4617	260	1.345	1.01	339
1964	260	3.91	3.01	3131	4440	252	1.299	0.90	336
1963	252	3.91	3.03	3019	4436	257	1.290	0.88	339
1962	257	4.21	3.23	3001	5508	237	1.303	0.98	380
1961	237	4.53	3.37	2913	5396	234	1.344	1.16	384
1960	234	4.43	3.44	2870	5418	242	1.288	0.99	363

Cálculo de Y2: EL Valor del Combustible Pesado Necesario para producir
a 5 un Megavatio-hora de Electricidad Neta en 1a Div Sur

AÑO	(1) US \$ por barril	(2) barriles por Mwhr neto	(3) (1) x (2)
1975	11 49	1 714	19 69
1974	10 77	1 714	18 46
1973	4 07	1 690	6 89
1972	3 18	1 690	5 37
1971	2 85	1 690	4 82
1970	2 16	1 690	3 65
1969	2 05	1 690	3 46
1968	2 09	1 643	3 43
1967	2 05	1 619	3 32
1966	2 11	1 643	3 47
1965	2 11	1 643	3 47
1964	2 14	1 643	3 52
1963	2 15	1 666	3 58
1962	2 18	1 714	3 74
1961	2 22	1 786	3 96
1960	2 24	1 821	4 08

FUENTE: (1), Anuarios del Edison Electric Institute
(2), "Steam Electric Plant Factors", National Coal Association.

.../...

Cálculo de X3: El Valor del Carbón Necesario para producir
a 6 un Megavatio-hora de Electricidad Neta en la División Sur

AÑO	(1) US \$ por ton. corta	(2) ton. corta por Mwhr neto	(3) (1) x (2)
1975	25 25	0 429	10 83
1974	20 75	0 425	8 82
1973	10 95	0 411	4 50
1972	10 19	0 411	4 19
1971	9 92	0 418	4 15
1970	8 59	0 413	3 55
1969	7 03	0 401	2 82
1968	6 74	0 399	2 69
1967	6 64	0 398	2 64
1966	6 47	0 395	2 56
1965	6 43	0 393	2 53
1964	6 54	0 391	2 56
1963	6 57	0 391	2 57
1962	6 62	0 390	2 58
1961	6 73	0 393	2 64
1960	6 83	0 396	2 70

FUENTE: (1), Anuarios del Edison Electric Institute.
(2), "Steam Electric Plant Factors", National Coal Association.

Cálculo de Y4: El Ingreso Personal per Capita en la División a 7 del Atlántico Sur.					
AÑO	(1) Ingres Pers. (10 ⁹ US \$)	(2) Indice de Precios al Consumid.	(3) (1) / (2)	(4) Población (10 ³ pers.)	(5) (3)/(4) (\$ de 1967)
1975	182.2	1.612	113.0	33715	3352
1974	170.8	1.477	115.6	33208	3481
1973	152.9	1.331	114.9	32602	3524
1972	131.2	1.253	104.7	31921	3280
1971	119.7	1.213	98.7	32243	3159
1970	111.3	1.163	95.7	30805	3107
1969	100.2	1.098	91.3	30204	3011
1968	89.2	1.042	85.6	29925	2860
1967	81.3	1.000	81.3	29484	2757
1966	74.8	0.972	77.0	29133	2643
1965	68.3	0.945	72.3	28743	2515
1964	62.6	0.929	67.4	28246	2386
1963	57.6	0.917	62.8	27747	2263
1962	54.5	0.906	60.2	27189	2214
1961	50.6	0.896	56.5	26675	2118
1960	48.1	0.887	54.2	26091	2077

FUENTE: Statistical Abstract of the United States, US.
Department of Commerce, Bureau of the Census, 1960-1976

.../...

a 8 Resumen de los datos correspondientes a la División del Atlántico Sur

AÑO	(Y1) Ventas de Comb. pes. (mill. de bar.)	(Y2) Precio Mwhr comb pes. (US\$)	(Y3) Precio Mwhr Carbón (US\$)	(Y4) Ing. Pers per cáp. (US\$ 1967)	(Y5) Emp en la Ind Manuf (miles de emp.)	(Y6) (Y1) t-1	(Y7) (Y2)/(Y3)	(Y8) (Y2)- (Y3)	(Y9) Precio Gas Nat. (US \$ por 10 ⁹ BTU)
1975	182	19.69	10.83	3352	2623	217	1.818	8.86	712
1974	217	18.46	8.82	3481	2903	236	2.093	9.64	612
1973	236	6.89	4.50	3524	2787	216	1.531	2.39	460
1972	216	5.37	4.19	3280	2741	178	1.282	1.18	397
1971	178	4.82	4.15	3159	2642	153	1.161	0.67	399
1970	153	3.65	3.55	3107	2679	139	1.028	0.10	355
1969	139	3.46	2.82	3011	2733	101	1.227	0.64	318
1968	101	3.43	2.69	2860	2615	96	1.275	0.74	311
1967	96	3.32	2.64	2757	2559	104	1.258	0.68	316
1966	104	3.47	2.56	2643	2494	105	1.355	0.91	319
1965	105	3.47	2.53	2515	2333	96	1.372	0.94	315
1964	96	3.52	2.56	2386	2221	88	1.375	0.96	318
1963	88	3.58	2.57	2263	2163	87	1.393	1.01	321
1962	87	3.74	2.58	2214	2104	83	1.450	1.16	320
1961	83	3.96	2.64	2118	2020	88	1.500	1.32	324
1960	88	4.08	2.70	2077	2009	91	1.511	1.38	316

a.9

Cálculo de Z2 : El Valor del Combustible Pesado Necesario para producir un Megavatio - hora de Electricidad Neta en el PAD I

AÑO	Región Noreste		Atlántico Sur		(5) (1) x (2) + (3) x (4)
	(1) Valor US\$	(2) % del cons. del PAD I	(3) Valor US \$	(4) % del cons del PAD I	
1975	21.59	.600	19.69	.400	20.83
1974	21.13	.590	18.46	.410	20.03
1973	8.59	.606	6.89	.394	7.91
1972	7.05	.627	5.37	.373	6.37
1971	6.43	.680	4.82	.320	5.91
1970	4.58	.706	3.65	.294	4.31
1969	3.82	.737	3.46	.263	3.73
1968	3.92	.755	3.43	.245	3.80
1967	3.87	.761	3.32	.239	3.73
1966	3.85	.719	3.47	.281	3.74
1965	3.94	.685	3.47	.315	3.79
1964	3.91	.688	3.52	.312	3.78
1963	3.91	.705	3.58	.295	3.82
1962	4.21	.723	3.74	.277	4.08
1961	4.53	.728	3.96	.272	4.38
1960	4.43	.763	4.08	.237	4.35

FUENTE:

(1), a.1

(2), Mineral Industry Surveys, Fuel Oil Sales, annual.

(3), a.5

(4), Mineral Industry Surveys, Fuel Oil Sales, annual

.../...

a.10 Cálculo de Z3: El Valor del Carbón Necesario para producir un Megavatio - hora de Electricidad Neta en el PAD I.

AÑO	Región Noreste		Atlántico Sur		(5) (1) x (2) + (3) x (4)
	(1)	(2)	(3)	(4)	
	Valor US\$	% del cons. del PAD I	Valor US\$	% del cons del PAD I	
1975	10.71	.375	10.83	.625	10.78
1974	8.68	.374	8.82	.626	8.77
1973	4.83	.381	4.50	.619	4.63
1972	4.48	.383	4.19	.617	4.30
1971	4.33	.414	4.15	.586	4.22
1970	3.86	.413	3.55	.587	3.68
1969	3.24	.420	2.82	.580	2.99
1968	3.07	.445	2.69	.555	2.86
1967	3.04	.471	2.64	.529	2.80
1966	2.96	.500	2.56	.500	2.76
1965	2.93	.535	2.53	.465	2.74
1964	3.01	.546	2.56	.454	2.81
1963	3.03	.534	2.57	.466	2.81
1962	3.23	.550	2.58	.450	2.94
1961	3.37	.560	2.64	.440	3.05
1960	3.44	.574	2.70	.426	3.13

FUENTE: (1), a.2
(2), y (4), "Steam Electric Plant Factors", National Coal Association
(3), a.6

.. / ...

a.11 Cálculos de Z4: El Ingreso per Cápita en el PAD I

AÑO	(1) Ingrs. Pers. (US\$ X 109)	(2) Indice de Precios al Consumo	(3) (1) / (2)	(4) Población (10 ³ pers)	(5) (3)/(4) (US\$)
1975	494.0	1.612	306.5	83176	3684
1974	461.9	1.477	312.7	82620	3785
1973	422.8	1.331	317.7	82148	3867
1972	377.2	1.253	301.0	81647	3687
1971	349.4	1.213	288.1	80834	3563
1970	326.9	1.163	281.1	79962	3515
1969	302.0	1.098	275.1	79001	3482
1968	276.9	1.042	265.7	78360	3391
1967	252.7	1.000	252.7	77590	3257
1966	231.8	0.972	238.5	76922	3100
1965	215.9	0.945	228.5	76194	2999
1964	199.4	0.929	214.6	75297	2851
1963	186.5	0.917	203.4	74312	2737
1962	178.9	0.906	197.5	73134	2700
1961	169.2	0.896	188.8	72132	2618
1960	162.2	0.887	182.9	70893	2579

FUENTE: Statistical Abstract of the United States, U.S.
Department of Commerce, Bureau of the Census, 1960-1976

a 12 Resumen de los datos correspondientes a la Costa Oriental PAD I

AÑO	(Z1) Ventas Comb. Pes. (mill. de barr.)	(Z2) Precio Mwhr Comb. Pes. (US\$)	(Z3) Precio Mwhr Carbón (US\$)	(Z4) Ing. Pers. per cáp. (US\$ 1967)	(Z5) Emp en la Ind Manuf. (miles de emp)	(Z6) (Z1) _{t-1}	(Z7) (Z2)/(Z3)	(Z8) (Z2)-(Z3)	(Z9) Precio Gas Nat. (US \$ por 10 ⁹ BTU)
1975	539	20.83	10.78	3684	7423	628	1.932	10.05	749
1974	628	20.03	8.77	3785	8191	708	2.284	11.26	722
1973	708	7.91	4.63	3867	8128	687	1.708	3.28	507
1972	687	6.37	4.30	3687	7952	626	1.481	2.07	437
1971	626	5.91	4.22	3563	7868	597	1.400	1.69	414
1970	597	4.31	3.68	3515	8290	512	1.171	0.63	366
1969	512	3.73	2.99	3482	8627	465	1.247	0.74	336
1968	465	3.80	2.86	3391	8477	445	1.329	0.94	330
1967	445	3.73	2.80	3257	8472	417	1.332	0.93	333
1966	417	3.74	2.76	3100	8367	379	1.355	0.98	330
1965	379	3.79	2.74	2999	6950	356	1.383	1.05	326
1964	356	3.78	2.81	2851	6661	340	1.345	0.97	327
1963	340	3.82	2.81	2737	6599	344	1.359	1.01	330
1962	344	4.08	2.94	2700	7612	320	1.388	1.14	347
1961	320	4.38	3.05	2618	7416	322	1.436	1.33	349
1960	322	4.35	3.13	2579	7427	333	1.390	1.22	335

FUENTES:

Aparecen aquí las fuentes de las series cronológicas que no han sido desarrolladas en hojas separadas.

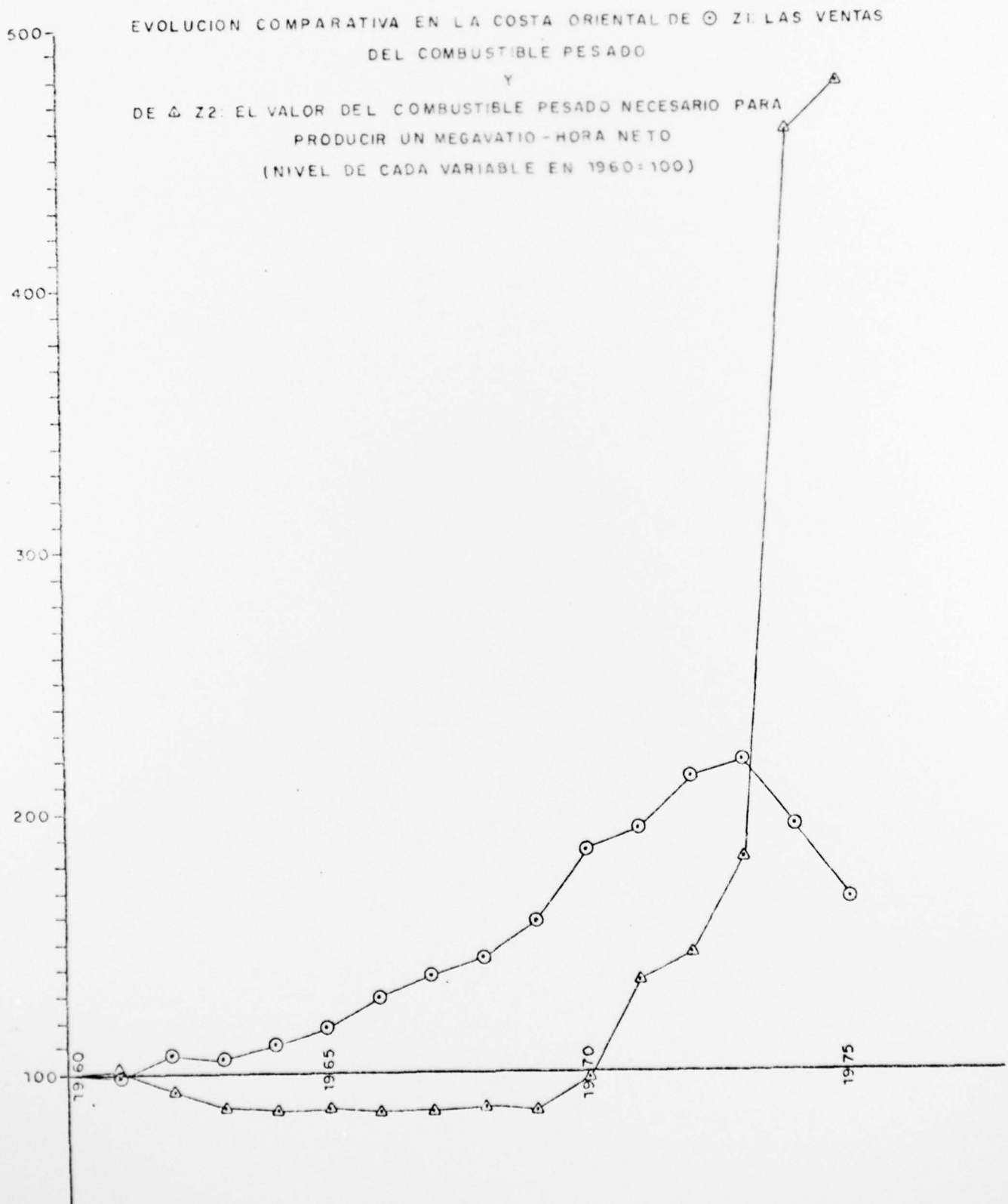
(X1), Z1 (Y1) : Mineral Industry Surveys, U.S. Department of the
(X6), Z6 (Y5) Interior, Bureau of Mines, "Fuel Oil Sales Annual",
1960-1975.

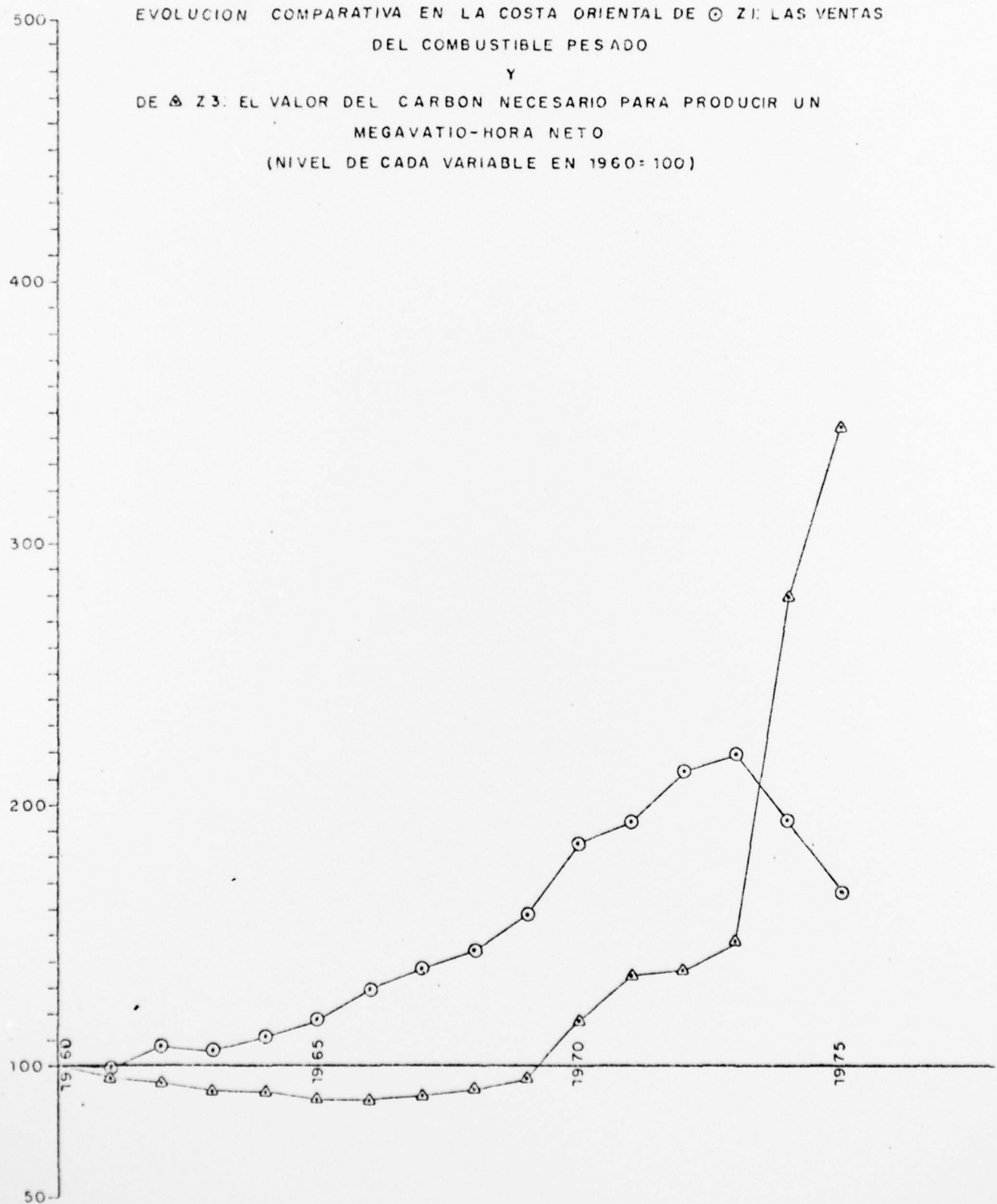
(X5), Z5 (Y5): Statistical Abstract of the United State, U.S. Depar
tment of Commerce, Bureau of the Census, 1960-1976.

(X7), Z7 (Y7): Cálculos Propios

(X8), Z8 (Y8)

(X9), Z9 (Y9): Anuarios del Edison Electric Institute



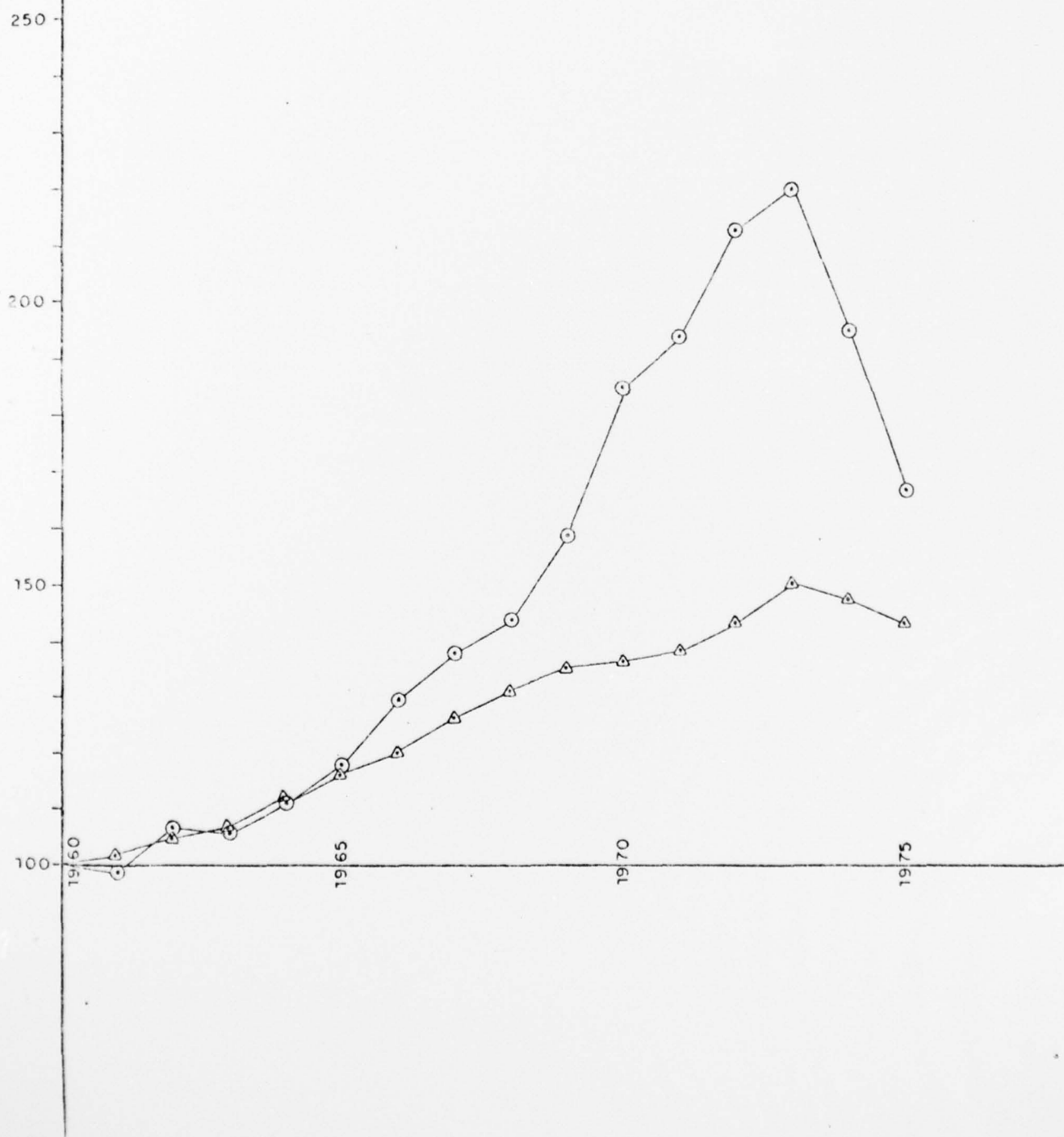


CUADRO No. 03

EVOLUCION COMPARATIVA EN LA COSTA ORIENTAL DE \odot Z1: LAS VENTAS
DEL COMBUSTIBLE PESADO

Y

DE \triangle Z4: EL INGRESO PERSONAL PER CAPITA
(NIVEL DE CADA VARIABLE EN 1960=100)



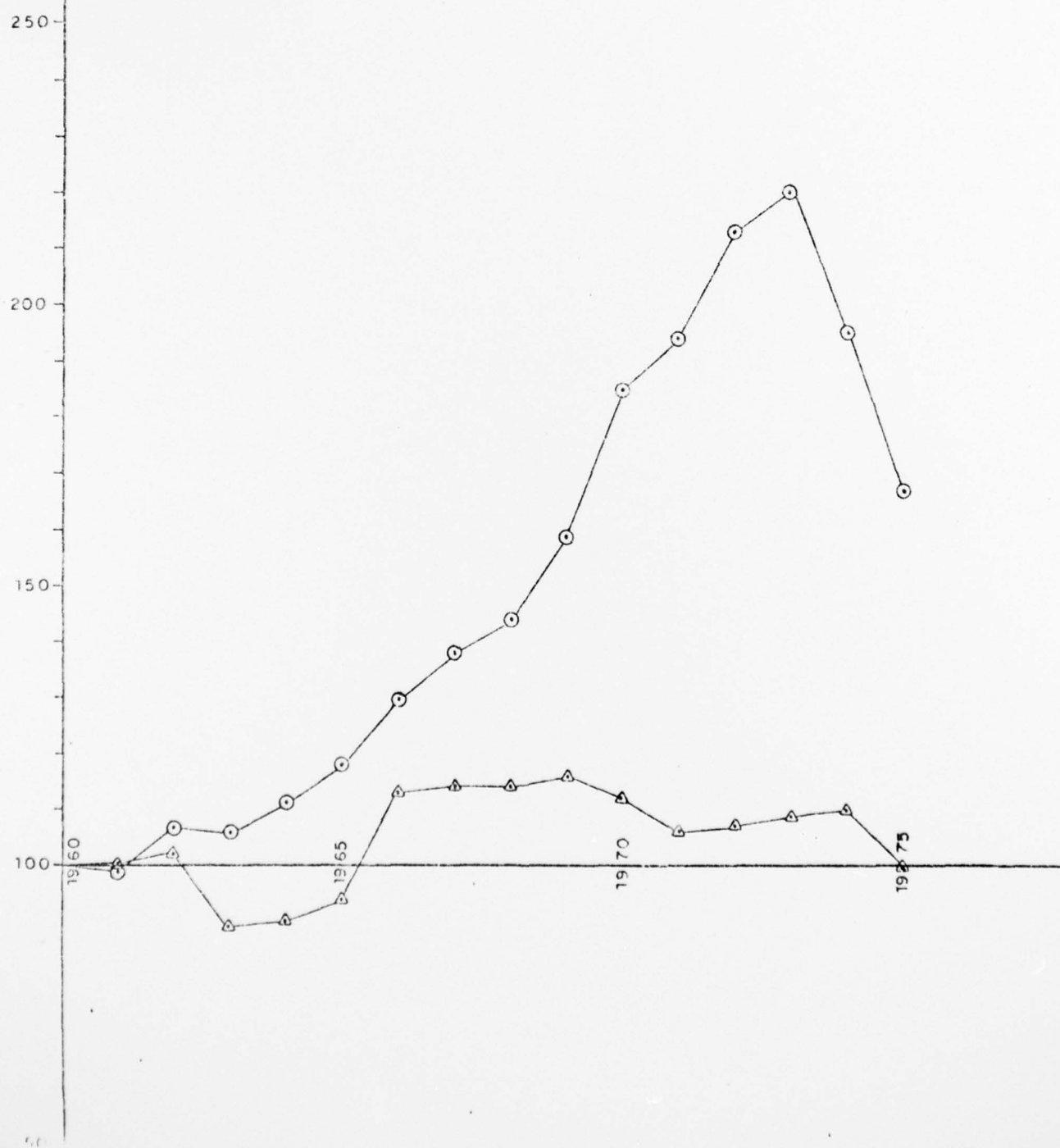
CUADRO No. 1.4.

EVOLUCION COMPARATIVA EN LA COSTA ORIENTAL DE ○ ZI LAS VENTAS
DEL COMBUSTIBLE PESADO

Y

DE △ Z5: EL EMPLEO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA

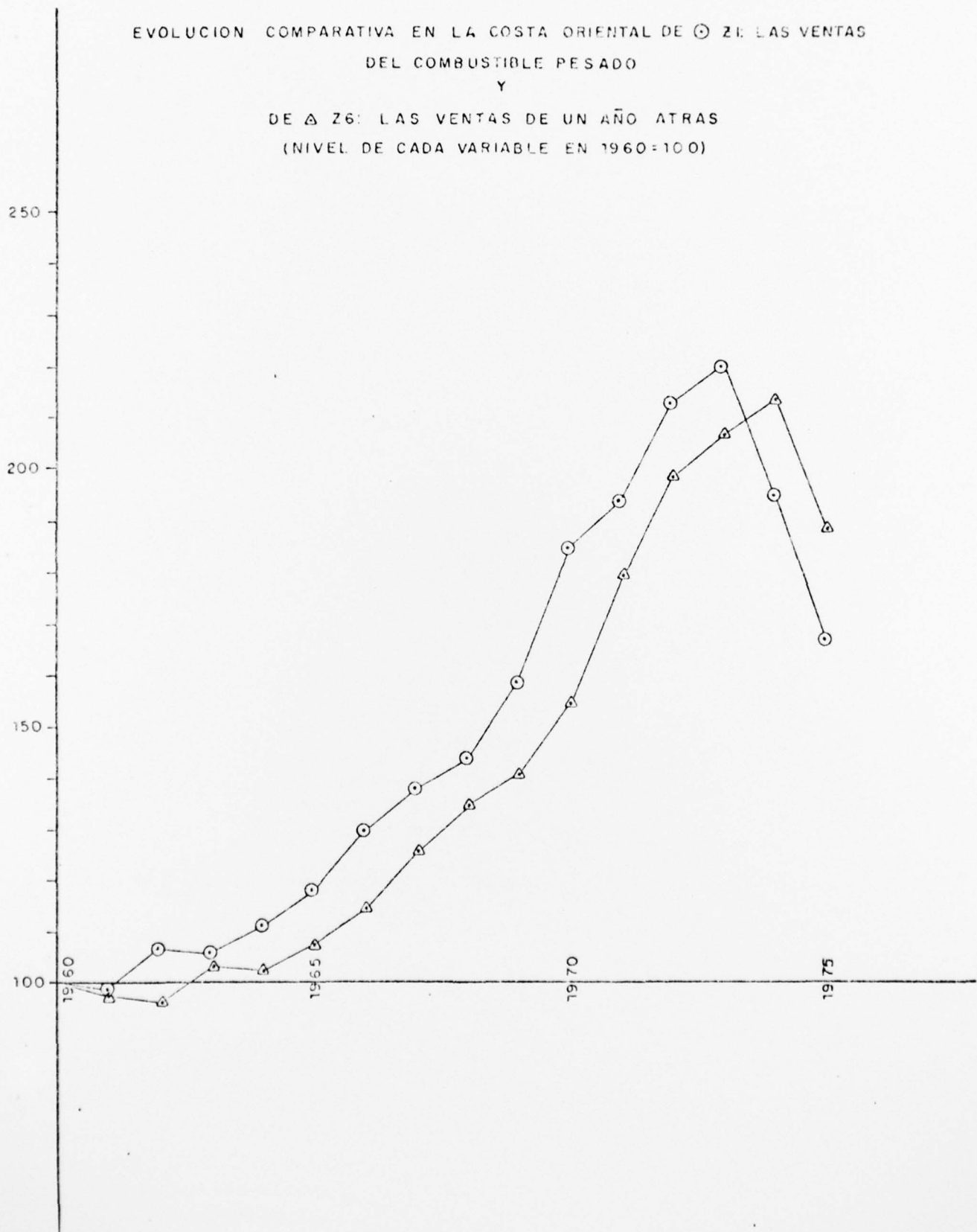
(NIVEL DE CADA VARIABLE EN 1960=100)



EVOLUCION COMPARATIVA EN LA COSTA ORIENTAL DE ○ ZI: LAS VENTAS
DEL COMBUSTIBLE PESADO

Y

DE △ Z6: LAS VENTAS DE UN AÑO ATRAS
(NIVEL DE CADA VARIABLE EN 1960=100)



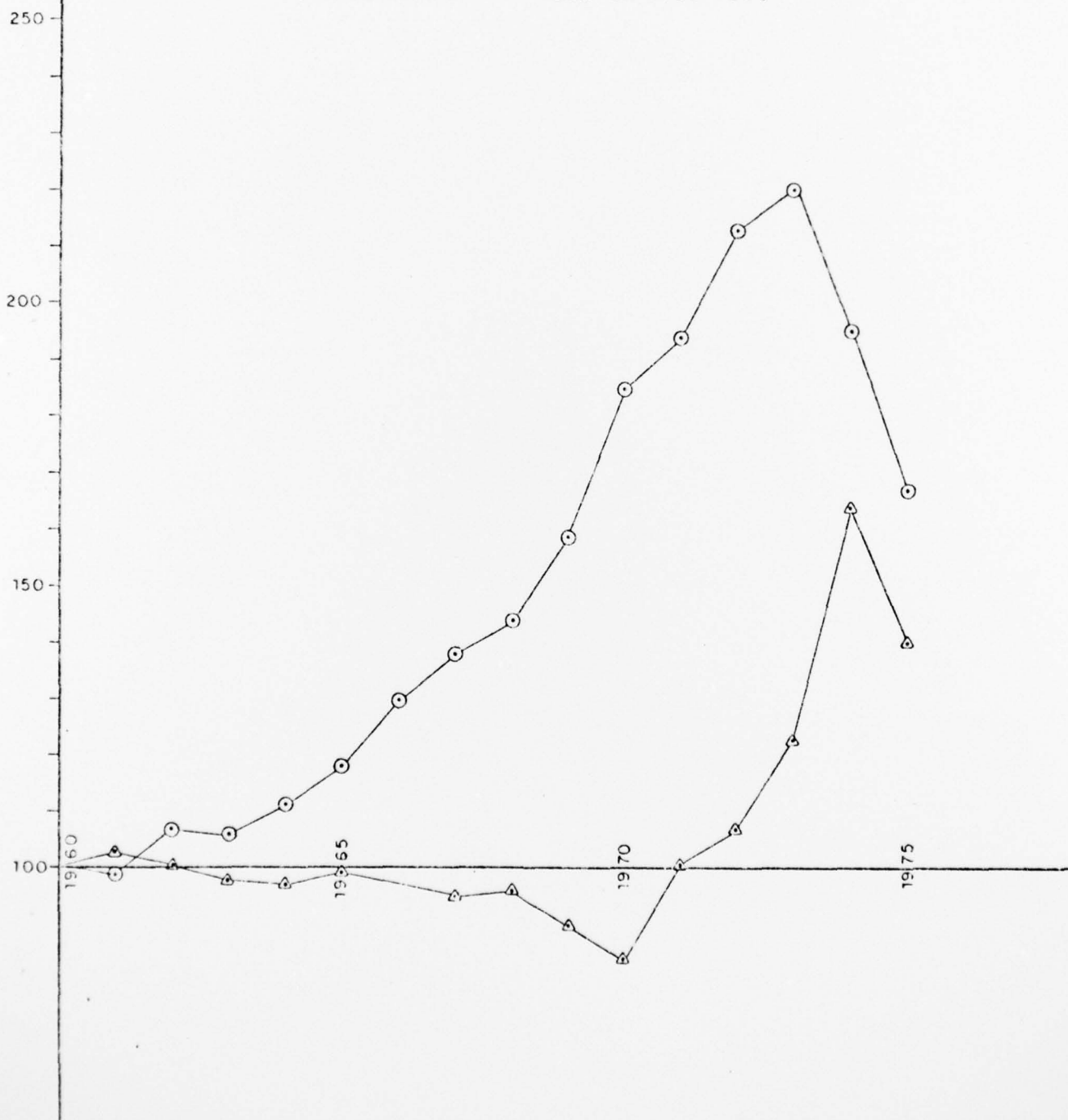
CUADRO No. 06

EVOLUCION COMPARATIVA EN LA COSTA ORIENTAL DE \odot Z: LAS VENTAS
DEL COMBUSTIBLE PESADO

y

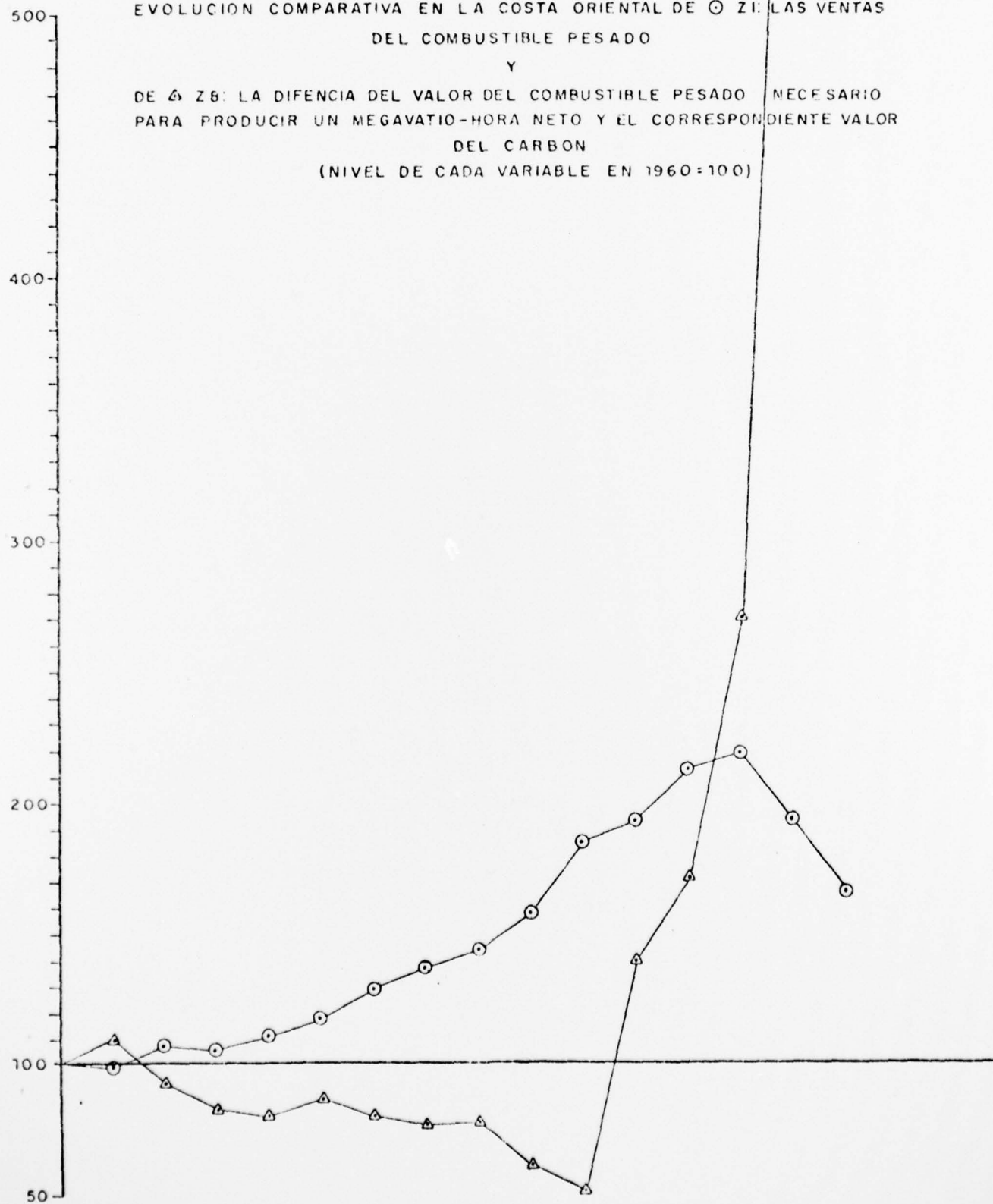
DE \triangle Z7: EL COCIENTE DEL VALOR DEL COMBUSTIBLE PESADO NECESARIO
PARA PRODUCIR UN MEGAVATIO-HORA NETO Y EL CORRESPONDIENTE VALOR
DEL CARBON

(NIVEL DE CADA VARIABLE EN 1960=100)



CUADRO No. a.7

EVOLUCION COMPARATIVA EN LA COSTA ORIENTAL DE ○ ZB: LAS VENTAS
DEL COMBUSTIBLE PESADO
Y
DE △ ZB: LA DIFENCIA DEL VALOR DEL COMBUSTIBLE PESADO NECESARIO
PARA PRODUCIR UN MEGAVATIO-HORA NETO Y EL CORRESPONDIENTE VALOR
DEL CARBON
(NIVEL DE CADA VARIABLE EN 1960=100)



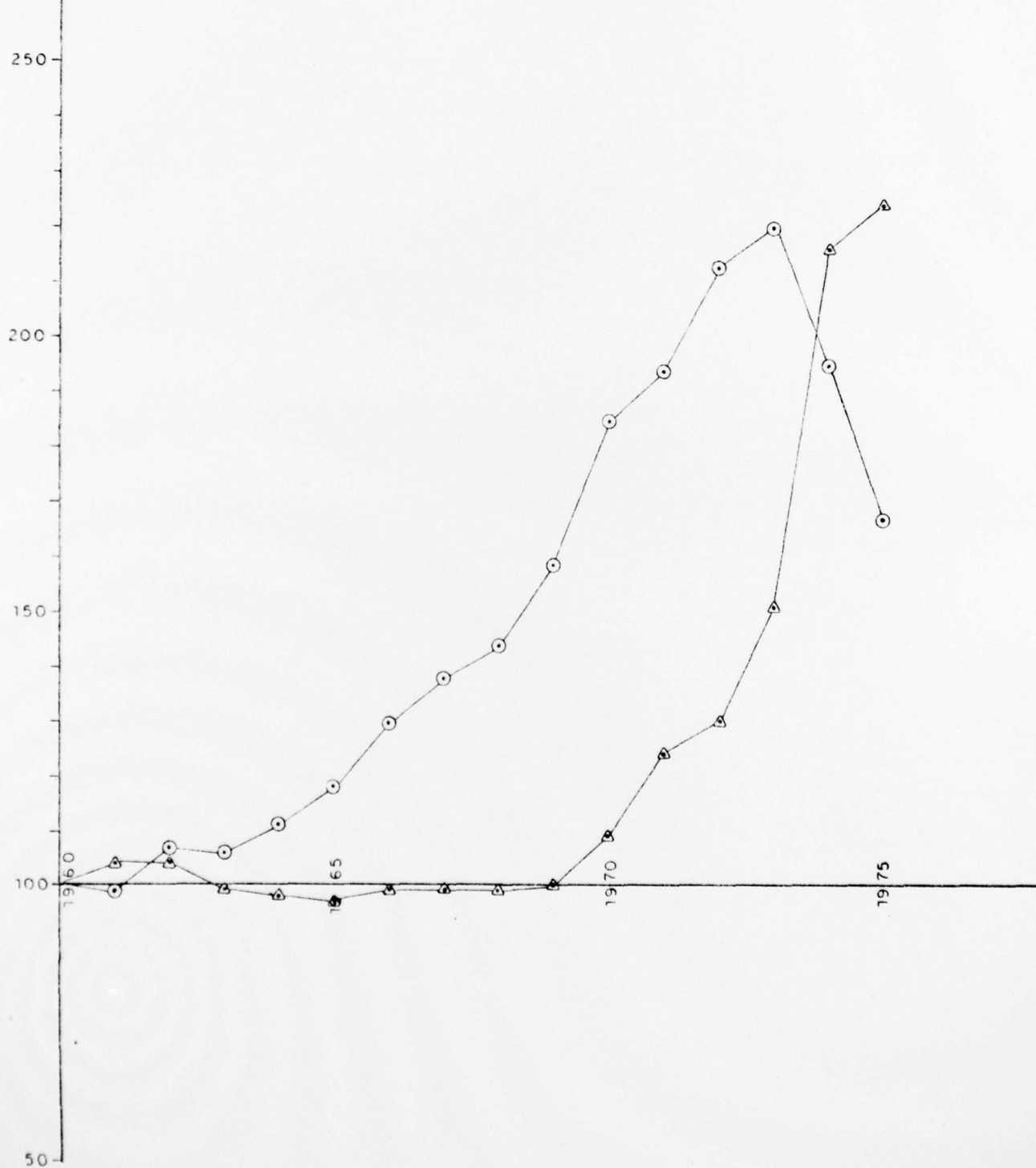
CUADRO No. 08

-124-

EVOLUCION COMPARATIVA EN LA COSTA ORIENTAL DE \odot Z: LAS VENTAS
DEL COMBUSTIBLE PESADO

Y

DE \triangle Z9: EL PRECIO POR MIL MILLONES DE BTU DE GAS NATURAL
(NIVEL DE CADA VARIABLE EN 1960=100)



- b.1 APENDICE b: LISTADOS DEL COMPUTADOR QUE CORRESPONDEN A LOS
 MODELOS DISCUTIDOS EN EL TEXTO

INDICE

- | | |
|-----|---|
| b.2 | Modelo del Ajuste Parcial: Región Noreste |
| b.3 | Modelo del Ajuste Parcial: División del Atlántico Sur |
| b.4 | Modelo del Ajuste Parcial: Costa Oriental de Estados Unidos |
| b.5 | Modelo Reformulado: Costa Oriental de Estados Unidos |

b.2. Modelo del Ajuste Parcial: Región Noroeste

VARIABLE NO.	MEAN	STANDARD DEVIATION	CORRELATION X VS Y	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR OF REG. COEF.	COMPUTED T VALUE
2	1.72200	0.57701	0.95533	0.76277	0.23638	-4.21521
4	1.15713	0.12301	0.96016	0.76267	0.37030	2.11362
6	5.70850	0.26642	0.94800	2.74716	0.16695	3.55432

DEPENDENT

5.81261

INTERCEPT

-4.67043

MULTIPLE CORRELATION

0.96614

STD. ERROR OF ESTIMATE

0.04726

ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE REGRESSION

SOURCE OF VARIATION	DEGREES OF FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F VALUE
ATTRIBUTABLE TO REGRESSION	3	0.94675	0.31558	141.28741
deviation from regression	12	0.02660	0.00222	
TOTAL	15	0.97335		

BEST AVAILABLE COPY

TABLE OF RESIDUALS

CASE NO.	Y VALUE	Y ESTIMATE	RESIDUAL
1	5.81000	5.91771	-0.10771
2	0.01900	0.02315	-0.00415
3	0.15700	0.15097	0.00603
4	0.15500	0.11673	0.03827
5	0.10500	0.00503	0.10000
6	0.09000	0.00767	0.08233
7	5.92200	0.00441	-0.08241
8	5.69700	5.94779	-0.05079
10	5.85500	5.84453	0.01047
11	5.74000	5.71136	0.02864
12	5.01300	5.63983	-0.02683
13	5.56100	5.58003	-0.01903
14	5.52000	5.52000	0.00000
15	5.54900	5.49226	0.05674
16	5.46000	5.44961	0.01039
16	5.45500	5.40021	-0.04521

b.3. Modelo del Ajuste Parcial: División del Atlántico Sur

VARIABLE NO.	MEAN	STANDARD DEVIATION	CORRELATION X VS Y	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR OF REG. COEF.	COMPUTED T VALUE
2	1.57319	0.37157	0.67435	0.25433	0.07931	3.15651
6	4.79725	0.37161	0.94775	1.26154	0.12218	10.46934
DEPENDENT						
1	1.84150	0.37579				

INTERCEPT -0.91351

MULTIPLE CORRELATION 0.97077

STD. ERROR OF ESTIMATE 0.09089

ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE REGRESSION

SOURCE OF VARIATION	DEGREES OF FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F VALUE
ATTRIBUTABLE TO REGRESSION	2	1.90624	0.99810	126.31971
DEVIATION FROM REGRESSION	13	0.12204	0.00939	
TOTAL	15	2.11824		

TABLE OF RESIDUALS

CASE NO.	Y VALUE	Y ESTIMATE	RESIDUAL
1	5.23444	5.23522	-0.00078
2	5.38000	5.35829	0.02171
3	5.46420	5.49165	-0.02745
4	5.37500	5.30665	0.06835
5	5.14200	5.13889	0.00311
6	5.03000	5.08515	0.04485
7	4.93400	4.69010	0.24390
8	4.61500	4.92650	-0.31150
9	4.56400	4.73750	-0.17350
10	4.64000	4.73939	-0.09939
11	4.65400	4.62405	0.02995
12	4.56400	4.50905	0.05495
13	4.47700	4.49072	0.01370
14	4.46000	4.41945	0.04055
15	4.41900	4.47951	-0.06051
16	4.47700	4.51557	-0.03857

BEST AVAILABLE COPY

b.4. Modelo del Ajuste Parcial: Costa Oriental de Estados Unidos

COMPUTED
T VALUE
27.47019
-7.82895

STD. ERROR
OF REG. COEF.
0.04213
0.01434

REGRESSION
COEFFICIENT
1.15728
-0.11224

CORRELATION
X VS Y
0.96139
0.46640

STANDARD
DEVIATION
0.28593
0.85197

MEAN
6.10706
0.43100

DEPENDENT
1
6.13719 0.26171

INTERCEPT
-0.68204

MULTIPLE CORRELATION
0.99335

STD. ERROR OF ESTIMATE
0.03483

ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE REGRESSION

SOURCE OF VARIATION	DEGREES OF FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F VALUE
ATTRIBUTABLE TO REGRESSION	2	1.17464	0.58732	484.00641
DEVIATION FROM REGRESSION	13	0.01577	0.00121	
TOTAL	15	1.19042		

TABLE OF RESIDUALS

CASE NO.	Y VALUE	Y ESTIMATE	RESIDUAL
1	6.29000	6.31529	-0.02529
2	6.44300	6.44032	0.00268
3	6.56200	6.54398	0.01801
4	6.53200	6.43800	0.04400
5	6.43900	6.45639	-0.01739
6	6.39200	6.38995	0.00305
7	6.23800	6.25978	-0.02178
8	6.14200	6.18203	-0.04003
9	6.09800	6.10805	-0.01005
10	6.03300	5.99216	0.04084
11	5.93300	5.91150	0.02150
12	5.87500	5.86713	0.00787
13	5.82900	5.87653	-0.04753
14	5.84100	5.77847	0.06253
15	5.76800	5.76928	-0.00128
16	5.77500	5.81713	-0.04213

BEST AVAILABLE COPY

b.5. Modelo Reformulado: Costa Oriental de Estados Unidos

-129-

COMPUTED
T VALUE
-6.86042
3.16248

STD. ERROR
OF REG. COEF.
0.01367
0.08323

REGRESSION
COEFFICIENT
-0.09381
0.26322

CORRELATION
X VS Y
-0.78599
-0.04317

STANDARD
DEVIATION
0.95197
0.13997

MEAN
0.43100
8.07381

VARIABLE
NO.
8
4
10

DEPENDENT
0.02456
0.07810

INTERCEPT
-2.06018

MULTIPLE CORRELATION
0.88542

STD. ERROR OF ESTIMATE
0.03899

ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE REGRESSION

SOURCE OF VARIATION	DEGREES OF FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F VALUE
ATTRIBUTABLE TO REGRESSION	2	0.07173	0.03587	23.58875
DEVIATION FROM REGRESSION	13	0.01977	0.00152	
TOTAL	15	0.09150		

TABLE OF RESIDUALS

ASE NO.	Y VALUE	Y ESTIMATE	RESIDUAL
1	-0.15300	-0.11515	-0.03785
2	-0.11900	-0.11864	-0.00036
3	0.03000	0.00255	0.02745
4	0.09300	0.03334	0.05966
5	0.04700	0.04317	0.00383
6	0.15400	0.13234	0.02166
7	0.09500	0.11460	-0.01760
8	0.04400	0.08534	-0.04134
9	0.00600	0.07584	-0.06984
10	0.06500	0.05771	0.00729
11	0.06300	0.04255	0.02045
12	0.04600	0.03654	0.00946
13	-0.01200	0.02226	-0.03426
14	0.07300	0.00722	0.06578
15	-0.00700	-0.01539	0.00839
16	-0.03300	-0.01127	-0.02173

BEST AVAILABLE COPY